Geschichte der Astronomie.

Geschichte der Astronomie.

Nach den im Winter 1873 bis 1874
im Gewerbeverein zu Langensalza gehaltenen Vorträgen

herausgegeben

von

Friedrich Wilhelm Looff,
herzoglich sächs. Schulrath.

Langensalza,
Schulbuchhandlung von F. G. L. Greßler.
1875.

Inhaltsverzeichniß.

1. Capitel.

Anfänge der Himmelskunde.

Sobald der Mensch aus dem Zustande der Wildheit zu den ersten Anfängen geistiger Thätigkeit sich erhoben hatte, mußte der Anblick des Himmelsgewölbes, an welchem Morgens die Sonne emporsteigt, um Licht und Wärme zu verbreiten, in der Nacht aber unzählige Sterne von verschiedener Größe in mannigfaltigen Gruppen erglänzen und der Mond, gleichsam der Hirt und Hüter dieser Gestirne, in schwer zu erklärenden Bahnen sich bewegt, schon früh seine Aufmerksamkeit auf sich ziehen. Der Mensch lernte, sobald seine Denkkraft begonnen, aus dem Stande der Sonne am Himmel die Tageszeit erkennen, während die Veränderung des Auf- und Untergangsortes, die größere oder geringere Höhe der Sonne zur Mittagszeit in ihm die ersten Anfänge der Kenntnisse von den abwechselnden, aber immer in derselben Ordnung wiederkehrenden Jahreszeiten entstehen ließ. Da bestimmte Gestirne die Rückkehr der größten Sommerhitze oder der Regenzeit verkündigten, so gab man diesen Sterngruppen Namen, zu welchen entweder die durch die Sterne gebildete Figur, wie beim Triangel, dem großen und kleinen Wagen, oder die mit ihrem Erscheinen verbundene Jahreszeit oder Beschäftigung die Veranlassung gab, wie beim Wassermann und dem die größte Hitze verkündigenden Löwen. Andere endlich wurden nach sagenhaften Helden benannt.

Am frühesten entwickelte sich die Kenntniß des gestirnten Himmels bei den Hirtenvölkern des südwestlichen Asiens, besonders bei den Arabern und Chaldäern. In den heißen Ebenen Arabiens und Mesopotamiens können nicht nur die Heerden fast das ganze Jahr hindurch im Freien übernachten, sondern es finden auch die Wanderungen der

Karawanen wegen der großen Tageshitze bei Nachtzeit statt. Dem die Heerde bewachenden Hirten wurden die Sterne Gegenstand der sorgfältigsten Beobachtung, denn sie verkündigten ihm die Zeit der größten Hitze, des regelmäßigen Wechsels des West- und Ostwindes, der Geburt der Lämmer u. s. w. Dem auf dem Schiffe der Wüste, dem Kameel, durch das Sandmeer eilenden Pilger, der nur Himmel und Sandfläche erblickt, wurden sie die sicheren Führer. Die lebhafte Phantasie der Orientalen belebte den Himmel und legte einzelnen Gestirnen wunderbare, theils heilsame, theils schädliche Kräfte bei, ein Aberglaube, der Jahrtausende mit der Sternkunde eng verbunden blieb und sich, so weit es den Einfluß des Mondes auf die Heilung von Krankheiten, das Wachsthum der Pflanzen oder den Wechsel der Witterung betrifft, bis heute noch, selbst bei Leuten erhalten hat, welche sehr erzürnt sein würden, wenn man sie nicht zu den Gebildeten rechnen wollte.

2. Capitel.

Fixsterne und Planeten. Wochentage.

Schon den ältesten Beobachtern des Himmels konnte die Wahrnehmung nicht entgehen, daß ebenso, wie die Stellung der Sonne und des Mondes zu den Gestirnen sich täglich ändert, wie beide Himmelskörper auf dem Sternenfelde von Westen nach Osten zu wandern scheinen, so auch noch einzelne Sterne ihren Ort am Himmel verändern, jedoch in sehr unregelmäßigen Perioden verschwinden und wieder erscheinen, sich dann Monate hindurch (rechtläufig) von West nach Ost bewegen, darauf einige Zeit still stehen, hierauf (rückläufig) von Ost nach West gehen und wiederum ruhen, um dann die östliche Richtung längere Zeit hindurch unaufhaltsam zu verfolgen. Man nannte diese Sterne Planeten, vom griech. Worte: »πλανάομαι, ich irre umher«, abgeleitet, d. h. Irr- oder Wandelsterne. Ihre Zahl war 7, denn auch Sonne und Mond rechnete man dazu; nach ihnen folgte der Mercur, der der Sonne nächste und zugleich der kleinste der alten Planeten, der in unseren Gegenden wegen der längeren Zeit der Dämmerung und der fast immer geringen Klarheit oder wegen der Bewölkung des Horizonts nur selten und dann nur kurze Zeit nach Untergang oder vor Aufgang der Sonne sichtbar wird. Dieser Stern würde daher den Alten unbekannt geblieben sein, wenn nicht die geringe

Dauer der Dämmerung und der bis zum Horizont klare Himmel in den südlicheren Gegenden seine Beobachtung ermöglicht hätte.*)

Auf den Mercur folgt jener Stern, der zu gewissen Zeiten mehrere Stunden als Abendstern oder Hesperus nach Sonnenuntergang, oder als Morgenstern vor deren Aufgange, uns als Stern erster Größe durch sein glänzendes weißes Licht erfreuet. Anfangs wußte man nicht, daß es derselbe Stern ist; den Abendstern benannten die Griechen nach dem Sohne des Atlas, Hesperos, der, ein Freund der Sternkunde, einst bei seinen Beobachtungen durch einen Sturmwind vom Atlas heruntergeworfen wurde und verschwand. Nach Andern ist Hesperos ein Sohn der Aphrodite oder Venus, oder auch ein Sohn der Eos, der Morgenröthe. Hesperien, das Abendland, war für die Griechen in den ältesten Zeiten Italien, für die Römer Spanien; später galt Hesperien für ein im fernen Westen am Atlas gelegenes Land oder man bezeichnet damit eine sagenhafte Insel des unbekannten atlantischen Oceans, bewohnt von den ewig jugendlichen Töchtern des Hesperus, den Hesperiden, welche die auf dieser paradiesischen Insel wachsenden wunderbaren Aepfel dem friedlichen, schuldlosen Wanderer überreichen. — Es war eine der zwölf Arbeiten des Hercules, die Aepfel der Hesperiden zu holen.

Der Morgenstern hieß bei den Griechen Phosphoros, bei den Römern Lucifer; beide Namen bedeuten Lichtbringer, weil der Stern dann den Aufgang der Sonne verkündigt. Als man aber inne wurde, daß man in dem Abend- und Morgensterne nur verschiedene Erscheinungen desselben Wandelsterns erblicke, nannte man ihn nach der Göttin der Liebe Aphrodite oder Venus.

Mercur und Venus, welche der Sonne näher sind, als die Erde, können sich am Himmel nicht weit von der Sonne entfernen, daher Abends nur als untergehende, Morgens nur als aufgehende Sterne beobachtet werden. Sie heißen die unteren Planeten, im Gegensatz zu den oberen Planeten, Mars, Jupiter und Saturn, welche von der Sonne entfernter, als die Erde, über den ganzen Himmel hin sich bewegen und die ganze Nacht hindurch sichtbar sein können. Sonne, Mond und die 5 Planeten machten die Zahl 7 bei fast allen Völkern zu einer heiligen Zahl; auf ihr beruhet die Eintheilung der

*) Siehe 1. Schaltcapitel: Ueber die Dämmerung.

Zeit in Abschnitte oder Wochen zu 7 Tagen, deren jeder einem der 7 Gestirne untergeben war: der erste Wochentag, *dies solis*, der Sonntag, der Sonne; der zweite, *dies lunae*, Montag, dem Monde; der dritte, *dies Martis*, Dienstag, dem Mars; der vierte, *dies Mercurii*, Mittwoch, dem Mercur; der fünfte, *dies Jovis*, Donnerstag, Thorstag, dem Jupiter; der sechste, *dies Veneris*, Freitag, der Venus oder Freia; endlich der siebente, *dies Saturni*, Sonnabend oder Samstag, dem Saturn.

1. Schaltcapitel.

Ueber die Dämmerung.

Wenn die Erde nicht von einer hohlen Luftkugel, der Atmosphäre, umgeben wäre, so würde unmittelbar mit dem Untergange der Sonne vollständige Finsterniß eintreten, umgekehrt beim Sonnenaufgang auf vollständige Finsterniß die Helligkeit des Tages folgen und ein geringer Grad des Ueberganges nur vom Eintritte des Sonnenrandes in den Horizont bis zu deren vollständigem Verschwinden (und umgekehrt beim Sonnenaufgange) stattfinden. Durch die Brechung und Zurückwerfung der Lichtstrahlen durch die Atmosphäre werden aber die Uebergänge erzeugt, welche wir mit dem Namen: Morgen- und Abenddämmerung bezeichnen. Kämtz beschreibt im 3. Bande seiner Meteorologie die Erscheinungen, welche beim Untergange der Sonne stattfinden (also in umgekehrter Ordnung beim Aufgange), folgendermaßen:

»Wenn sich an heiteren Tagen die Sonne dem Horizonte nähert, so wird das Licht der scheinbar neben der Sonne liegenden Theile der Atmosphäre gelber; die von diesen Lufttheilchen reflectirten Strahlen, welche einen weitern Weg durch die Atmosphäre zurücklegen müssen, verlieren einen großen Theil des blauen Lichts, und so gelangen zu uns nur die auf der rothen Seite des Spectrums liegenden Farben. Dabei wird zugleich der Himmel in der Nähe des Zeniths weißer, die Helligkeit nimmt von diesem bis zum westlichen Horizont auffallend zu. Allmählich zeigt sich an dem der Sonne gegenüberliegenden östlichen Himmel eine auffallende Röthung, welche ihr Maximum erreicht, sobald die Sonne unter den Horizont sinkt. Es rührt diese Röthung von den letzten Strahlen der untergehenden Sonne her, die nach jener

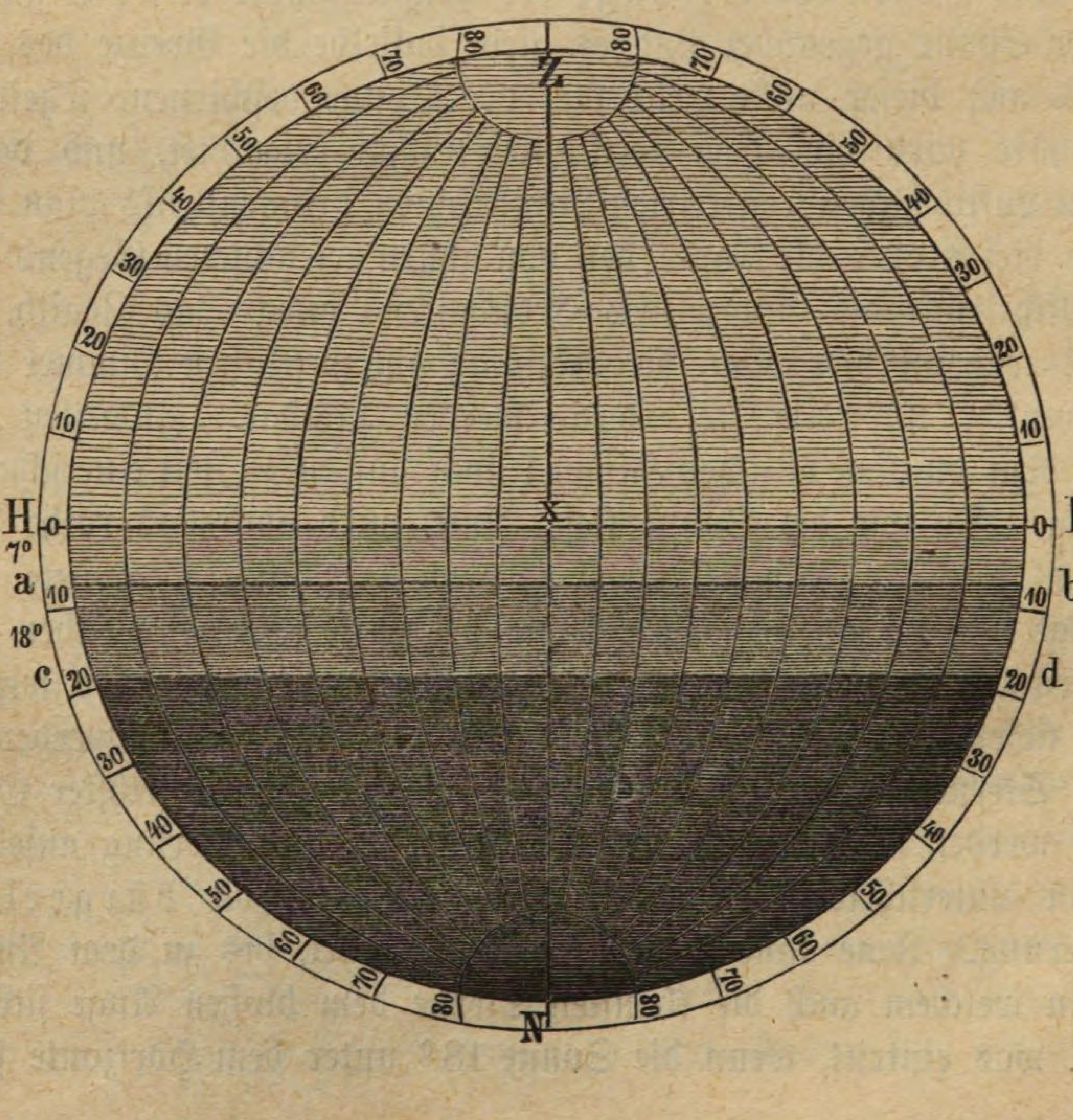
Himmelsgegend nur größtentheils rothe Strahlen senden kann, welche bei dem zweiten Durchgange durch die Atmosphäre bis zum Beobachter noch die letzten blauen Strahlen verlieren. Je nach der Beschaffenheit der Atmosphäre schwankt diese Farbe am östlichen Himmel zwischen lebhaftem Feuerroth oder tiefem Purpurroth; ebenso kann die Farbe am westlichen Himmel, die Abendröthe, zwischen einem schönen Goldgelb und einem tiefen Roth schwanken, doch ist diese Röthung nie so dunkel, als diejenige am östlichen Himmel. Sinkt die Sonne etwas unter den Horizont, so bemerkt man am östlichen Himmel ein mehr oder weniger deutliches Segment von tief blauer Farbe, über welchem die vorher erwähnte Röthe fortdauert. Die Grenze zwischen dem blauen Segment und diesem rothen Gürtel ist meistens ziemlich scharf begrenzt; wenn die Umstände günstig sind, so kann man zwischen beiden einen weißen oder gelben Rand unterscheiden, aber die Schwäche und Ungleichheit der Farbe macht ihn oft unmerklich. Mairan, welcher zuerst auf dieses blaue Segment aufmerksam machte, nannte es Nach- oder Gegendämmerung; der höchste Punkt dieses Segments steht der Sonne gegenüber und es giebt dasselbe die Grenze des Erdschattens an; dieser nicht mehr von der Sonne beschienene Theil der Atmosphäre wird von dem zerstreuten Lichte erleuchtet, und da die von den Lufttheilchen reflectirten Lichtstrahlen größtentheils blau sind, so wird dieses auch die Farbe der von ihnen erleuchteten Gegend sein. Allmählich rückt die Grenze des Erdschattens durch das Zenith, der Himmel erscheint hier blau, die Röthung am westlichen Himmel wird dabei dunkler und einzelne Sterne werden sichtbar. Zuweilen zeigt sich an dem dunklen östlichen Himmel noch auf kurze Zeit eine schwache Röthung. So wie die Sonne tiefer sinkt, wird auch das rothe Segment am westlichen Himmel mehr oder weniger scharf begrenzt; über ihm zeigt sich ein weißer, bogenförmig begrenzter Raum, welchen man nach Brandes den Dämmerungsschein nennen kann. So wie die Sonne tiefer sinkt, nimmt die Helligkeit ab, und endlich werden die meisten Sterne sichtbar. Den Moment, wo die Sterne sechster Größe sichtbar werden, wollen wir als das Ende der Dämmerung ansehen.«

Man unterscheidet die astronomische und die bürgerliche Dämmerung. Jene dauert, wie schon angeführt, bis zu dem Augenblicke, in welchem auch die kleinsten Sterne dem bloßen Auge sichtbar werden, was eintritt, wenn die Sonne 18° unter dem Horizonte steht.

Diese Grenze des Dämmerungsgürtels wird verschieden angegeben, so daß 18° als das Mittel aus den verschiedenen Angaben betrachtet werden kann. Steht die Sonne noch höher, so bemerkt man in ihrer Richtung noch einen Theil der Atmosphäre erleuchtet, welcher durch einen Bogen begrenzt scheint, der, je näher die Sonne dem Horizonte, desto mehr sich dem Zenith nähert. Bei einer Tiefe von 6° 23′ 30″ geht dieser Bogen durch das Zenith; die größeren Sterne sind dann nur auf der der Sonne abgewandten Seite des Himmels sichtbar, und man kann daher in Zimmern, welche der Sonnenseite zugewandt sind, nicht zu kleine Schrift noch ohne Kerzenlicht lesen. Die bürgerliche Dämmerung dauert daher so lange, als die Sonne nicht die Tiefe von 6° 23′ 30″ erreicht hat.

Die Dauer der Dämmerung oder die Zeit, welche die Sonne gebraucht, um die Zone zwischen dem Horizonte und dem Dämmerungskreise oder den Dämmerungsgürtel zu durchlaufen, ist abhängig:

Fig. 1.

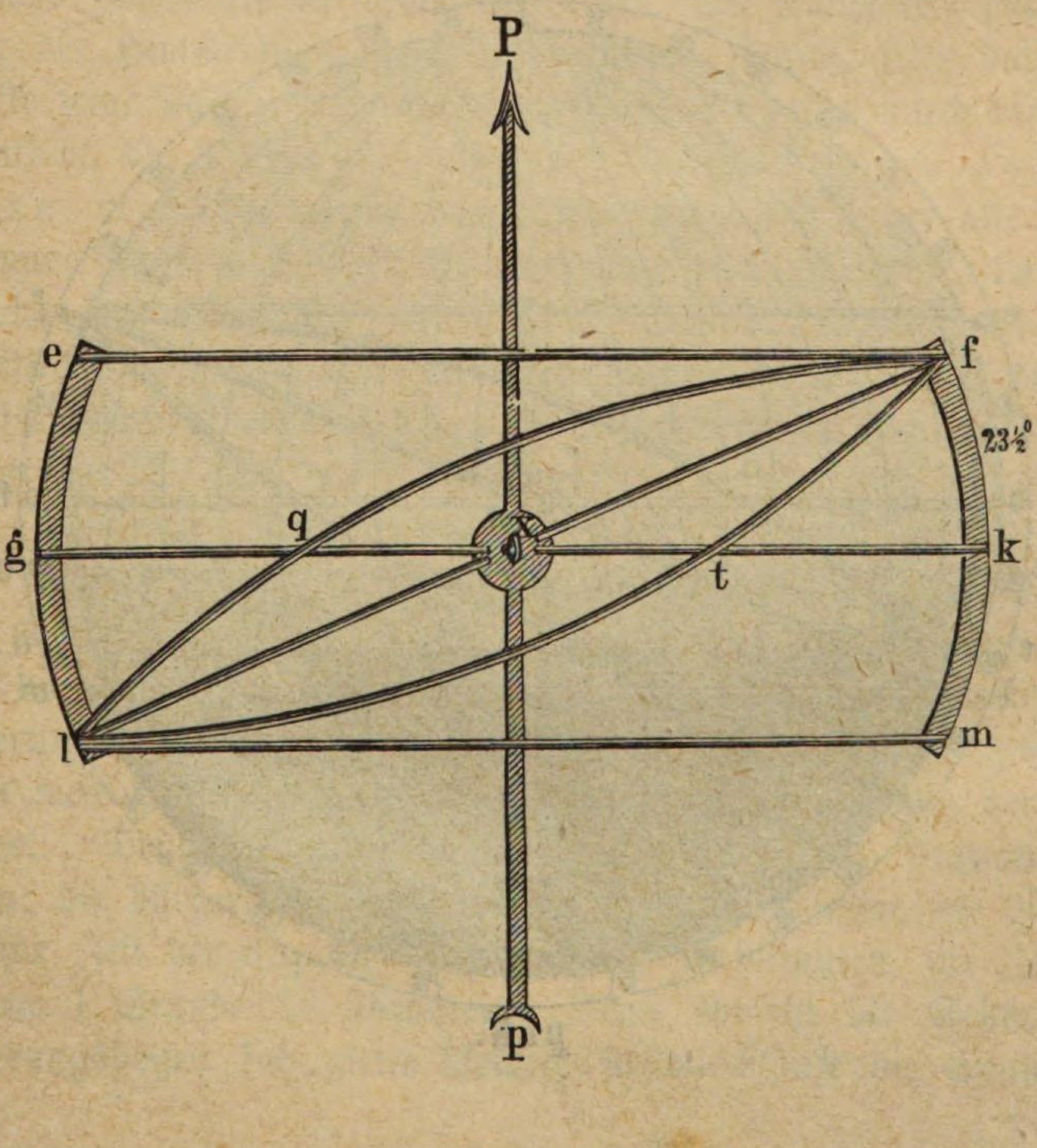


1) von dem Winkel, welchen der Himmelsäquator und dessen Parallelkreise, in denen die Sonne sich täglich bewegt, mit dem Horizonte machen;

2) von der Declination der Sonne, d. h. von ihrer Entfernung vom Aequator.

Zur Veranschaulichung nicht blos der Dämmerungsdauer, sondern auch der Stellung der Himmelskugel zum Horizonte habe ich einen besondern Apparat construirt, welcher für ein größeres Auditorium die Erklärung mehr als ein Globus erleichtert. Fig. 1 auf voriger S. ist ein Kreis von $^2/_3$ Meter Durchmesser, welche Dimension auch für ein größeres Auditorium genügt. HF ist der Horizont, Z der Scheitelpunkt (Zenith), N der Fußpunkt oder Nadir. ab ist die Grenze der bürgerlichen, cd die Grenze der astronomischen Dämmerung. Die Zeichnung auf Papier muß auf eine Papptafel mit Holzrahmen oder auf eine Holztafel geklebt werden. Fig. 2 ist ein Gestell von Messing.

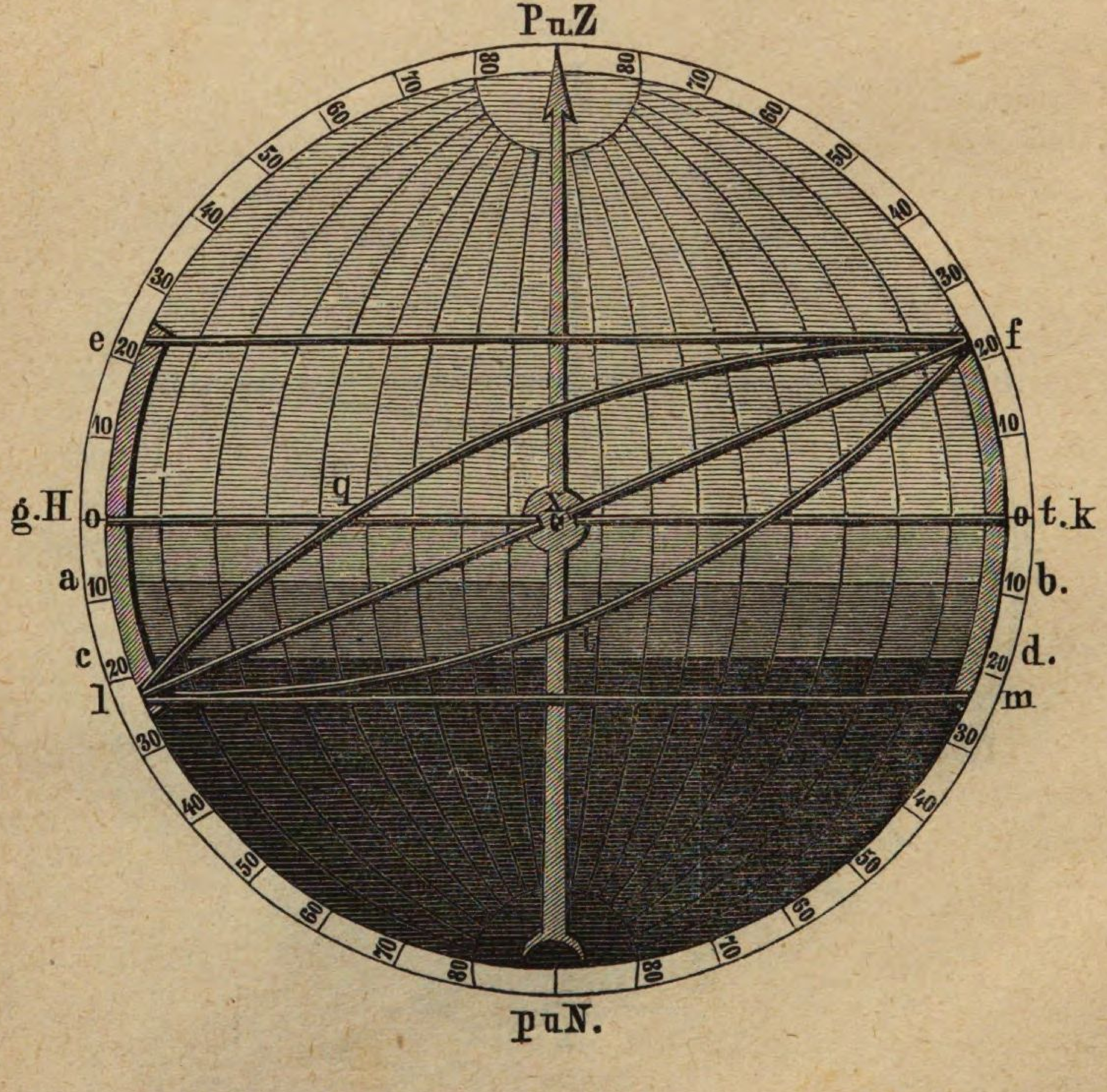
Fig. 2.



Der Stab Pp stellt die Weltaxe vor, P den Nordpol, p den Südpol, el und fm sind zwei Bogen von 47° (= der doppelten Schiefe der Ekliptik), gk der Aequator des Himmels, ef der (nördliche) Wendekreis des Krebses, lm der (südliche) Wendekreis des Steinbocks, lqft die Sonnenbahn oder Ekliptik. Dieses Messinggestell ist mit seinem Mittelpunkte so mit dem Mittelpunkte der Kreistafel verbunden, daß es um den gemeinschaftlichen Mittelpunkt gedrehet werden kann. Wir betrachten folgende drei Stellungen des Apparats.

1) *Sphaera parallela.* (Fig. 3.) Denken wir uns den Standpunkt des Beobachters auf dem Erdpol, so fällt der Nordpol des Himmels mit dem Zenith, der Aequator des Himmels mit dem Horizonte zusammen. Da die Himmelskugel scheinbar sich von Osten nach Westen in 24 Stunden um die Weltaxe drehet, alle Fixsterne also Parallelkreise mit dem Himmelsäquator beschreiben, so bewegen sich alle Sterne

Fig. 3.

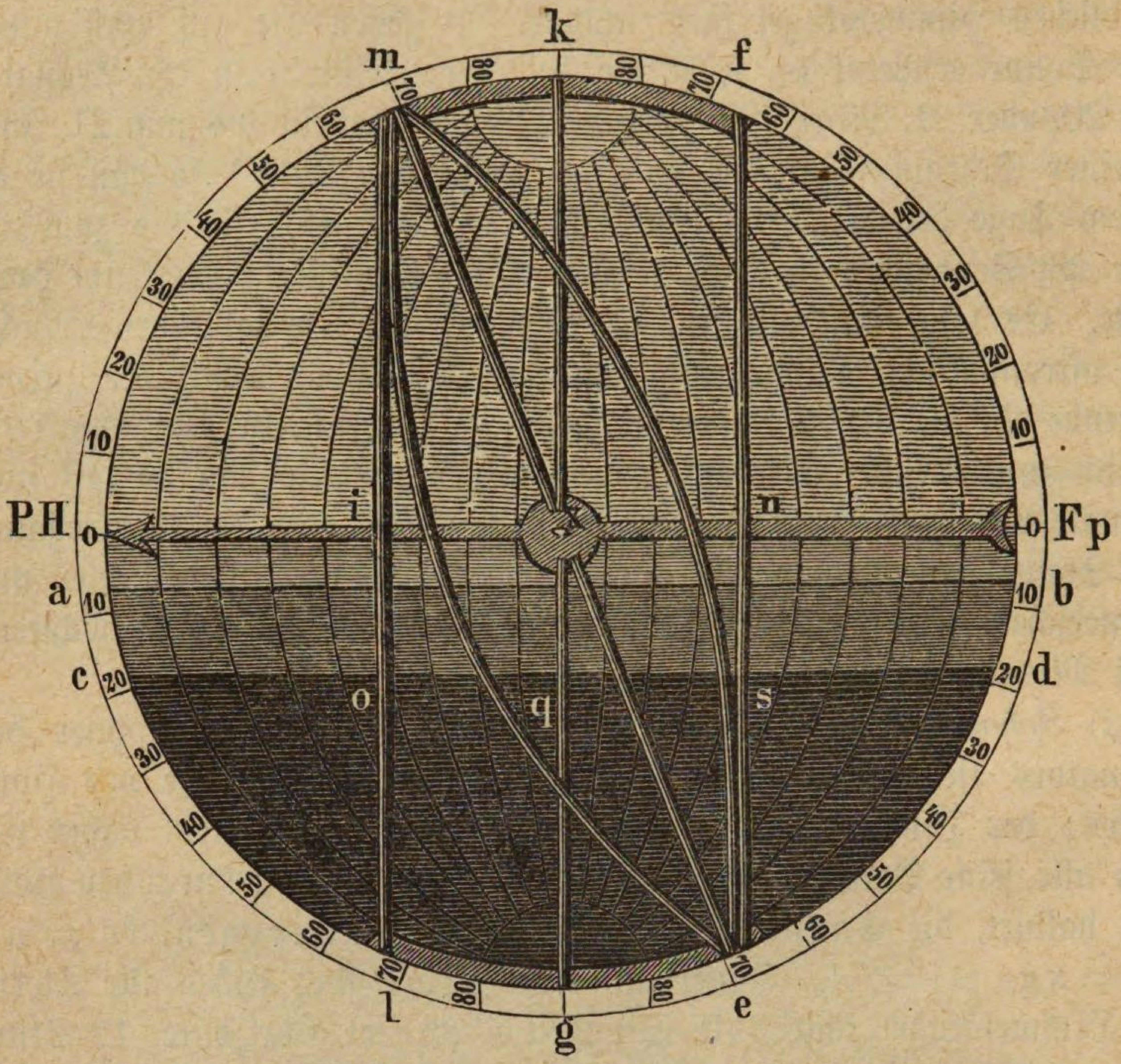


täglich in Parallelkreisen mit dem Horizonte. Nur die Sterne der nördlichen Himmelskugel sind sichtbar, sie gehen nie auf noch unter. Die Sonne erscheint im Frühling bei ihrem Eintritt in den Aequator (am 20. oder 21. März) im Horizonte und windet sich bis zum 21. Juni in einer Schraubenlinie bis zu einer Höhe von 23½°, so daß sie an diesem Tage den Kreis ef beschreibt. Hierauf geht sie bis zum 22. oder 23. September in einer gleichen Schraubenlinie zurück zum Horizonte. Es folgt nun auf den halbjährigen Tag die halbjährige Nacht. Die astronomische Dämmerung beginnt aber schon, wenn die zurückkehrende Sonne den Dämmerungskreis cd überschreitet und umkreist, täglich zunehmend, an jedem Tage den Horizont, so daß sie fast zwei Monate vor dem Aufgange und zwei Monate nach dem Untergange der Sonne dauert, und die auch durch Mondschein, Nordlichter und Schneeschein sehr gemilderte Zeit der vollständigen Finsterniß höchstens zwei Monate beträgt.

2) *Sphaera recta.* (Fig. 4 auf folg. S.) Für den Bewohner des Aequators liegen die Weltpole im Nord- und Südpunkte des Horizontes; der Himmelsäquator geht durch das Zenith, steht daher wie auch alle seine Parallelkreise senkrecht und alle werden durch den Horizont halbirt, die Tagbogen sind gleich den Nachtbogen, fn = ne, kx = xg, mi = il. Innerhalb eines Tages sind daher alle Sterne der Himmelskugel täglich 12 Stunden über dem Horizonte, 12 Stunden unter dem Horizonte. Die Sonne, am 21. März im Aequator, steht Mittags im Zenith, ihr Culminationspunkt rückt bis zum 21. Juni um 23½° nach Norden (bis m), kehrt bis zum 22. September zum Aequator zurück, geht dann bis zum 21. December um 23½° nach Süden (bis f) und kehrt bis zum 21. März wieder zum Aequator zurück. Ihr Mittagsschatten fällt daher vom 21. März bis 22. September nach Süden, in der andern Jahreshälfte nach Norden.

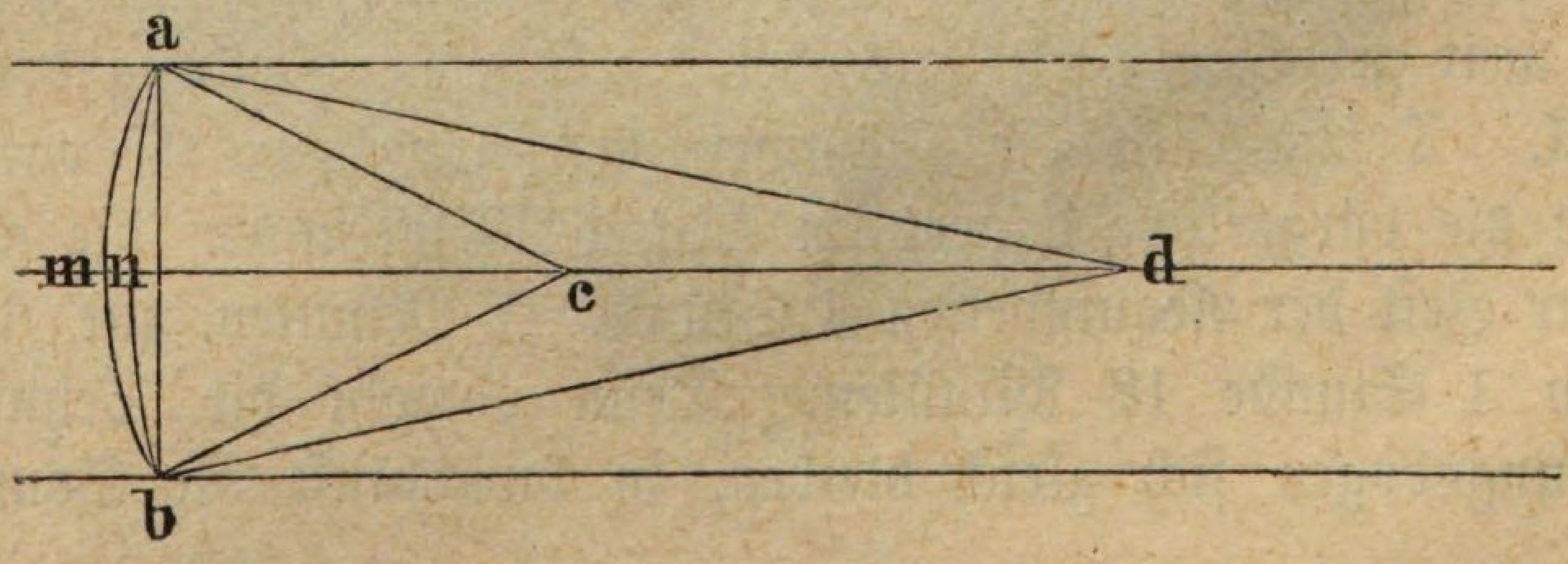
Da die Sonne nach dem Untergange oder vor dem Aufgange den Dämmerungsgürtel rechtwinklig durchläuft (io, xq, ns), so gebraucht sie dazu weit geringere Zeit, als bei der schiefen Stellung der Himmelskugel. Deßhalb ist die Dämmerung unter dem Aequator am kürzesten; die bürgerliche dauert im Mittel 20 Minuten, die astronomische zur Zeit der Aequinoctien 1 Stunde 12 Minuten, zur Zeit der Solstitien 1 Stunde 18 Minuten. Denn obwohl die Sehnen der Dämmerungsbogen sich gleich bleiben, so durchläuft die Sonne, im

Fig. 4.



Aequator stehend, den Dämmerungsgürtel im Bogen eines größten Kugelkreises anb (Fig. 5), gemessen durch den kleineren Centriwinkel adb, während sie, in den Solstitien stehend, den Bogen eines kleineren Kugelkreises amb durchläuft, gemessen durch den größeren Centriwinkel acb. Diese Winkel oder die Zahlen der ihnen entsprechenden Grade sind aber das Maß der Zeit, weßhalb die Sonne

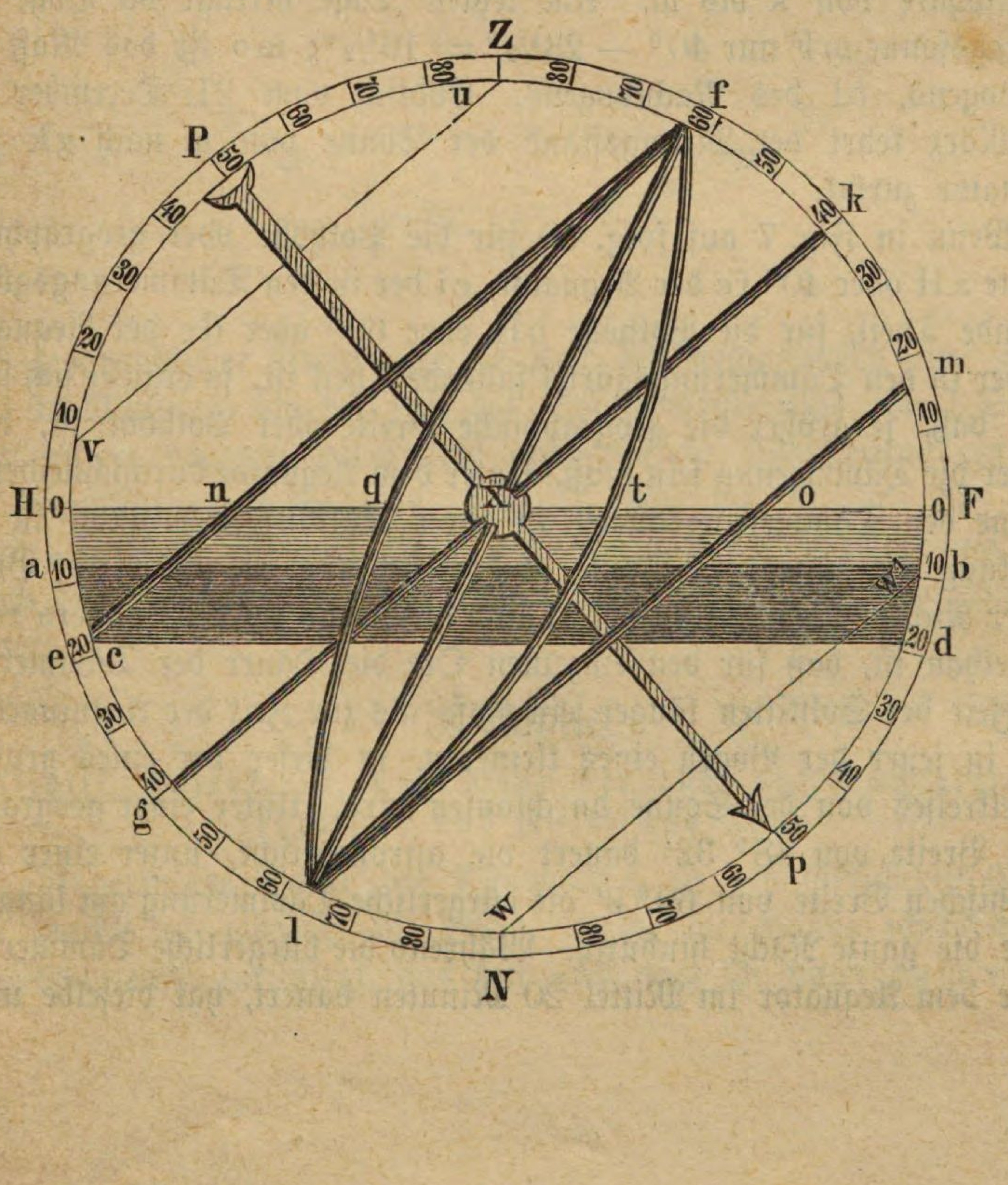
Fig. 5.



mehr Zeit gebraucht, um im Bogen eines kleineren Kugelkreises den Dämmerungsgürtel zu durchlaufen, als wenn dies im Bogen des größten Kugelkreises, des Aequators, geschieht.

3) *Sphaera obliqua.* (Fig. 6.) Für eine geographische Breite von 50° steht der Nordpol 50° über dem Horizonte (geographische Breite = Polhöhe); sowohl der Aequator des Himmels als auch sämmtliche Parallelkreise machen mit dem Horizonte einen Winkel von 40°. Es wird daher nur der Aequator vom Horizonte halbirt, oder nur, wenn die Sonne im Aequator steht (21. März, 22. September), ist ihr Tagbogen kx gleich dem Nachtbogen xg, d. h. die Dauer des Tages gleich der der Nacht, gleich 12 Stunden. Alle Parallelkreise, deren Abstand vom Aequator (Declination) kleiner ist als die Ergänzung der geographischen Breite (90° — 50° = 40°), werden vom Horizonte in ungleiche Theile getheilt; nördlich vom Aequator sind die Tagbogen

Fig. 6.

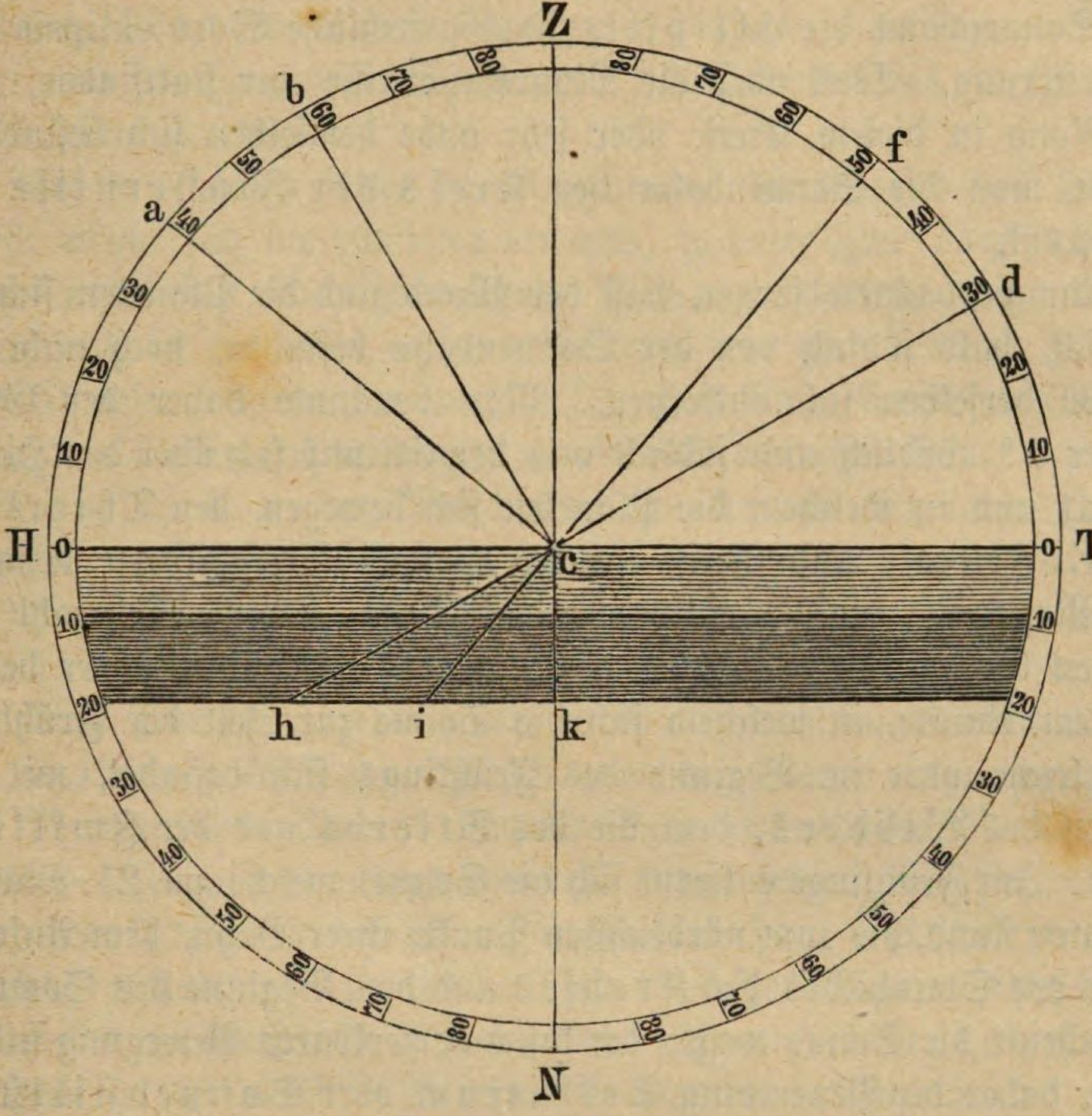


größer als die Nachtbogen (fn $>$ ne), südlich vom Aequator kleiner (mo $<$ ol). Sterne der nördlichen Hemisphäre, deren Declination größer als 40°, erreichen auch in ihrem tiefsten Stande nicht den Horizont, gehen sichtbar zweimal durch den Meridian, haben eine obere und untere Culmination, in u und v. Diese Sterne heißen Circumpolarsterne. Ebenso erreichen die Sterne der südlichen Himmelskugel, deren (südliche) Declination größer ist als 40° (die Ergänzung der geographischen Breite), nie den Horizont, bleiben immer unsichtbar (ww^1).

Betrachten wir nun den Stand der Sonne zur Mittagszeit, so steht sie am 21. März in k 40° über dem Horizont, rückt bis zum 21. Juni bis f zu einer Höhe von $63^1/_2$° (längster Tag); fn ist das Maß ihres Tagbogens, ne das Maß des Nachtbogens; vom 21. Juni bis 22. September geht der Mittagsstand von f bis k (zur Nachtgleiche) zurück; bis zum 21. December bewegt sie sich auf der südlichen Hemisphäre von k bis m. Am letzten Tage beträgt die Höhe der Mittagssonne mF nur $40^0 - 23^1/_2{}^0 = 16^1/_2{}^0$; mo ist das Maß des Tagbogens, ol des Nachtbogens. Endlich vom 21. December bis 21. März kehrt der Mittagsstand der Sonne von m nach gk zum Aequator zurück.

Wenn in Fig. 7 auf folg. S. für die Polhöhe oder geographische Breite aH oder 40° fc der Aequator, ci der in den Dämmerungsgürtel fallende Theil, für die Polhöhe bH oder 60° aber dc der Aequator, ch der in den Dämmerungsgürtel fallende Theil ist, so ergiebt sich hieraus, daß, je größer die geographische Breite oder Polhöhe ist, desto länger die Dämmerung sein muß. Unter dem Aequator durchschneidet die Sonne den Dämmerungsgürtel in ihrer täglichen Bewegung in der Richtung ck, unter 40° Breite in der Richtung ci, unter 60° Breite in der Richtung ch. Ferner gilt auch hier, was bei der Sphaera recta dargethan ist, daß für den einzelnen Ort die Dauer der Dämmerung zur Zeit der Solstitien länger sein muß, als zur Zeit der Aequinoctien, weil in jener der Bogen eines kleineren, in dieser der eines größten Kugelkreises von der Sonne durchlaufen wird. Unter einer geographischen Breite von 48° 32′ dauert die astronomische, unter einer geographischen Breite von 60° 9′ die bürgerliche Dämmerung am längsten Tage die ganze Nacht hindurch. Während die bürgerliche Dämmerung unter dem Aequator im Mittel 20 Minuten dauert, hat dieselbe unter

Fig. 7.



51° geographischer Breite um die Zeit der Aequinoctien eine Dauer von 42 Minuten, um die Zeit des Sommersolstitiums von 1 Stunde 2 Minuten, dagegen dauert die astronomische Dämmerung zur Zeit der Aequinoctien 2 Stunden, vom 17. Mai bis 25. Juli die ganze Nacht hindurch. Jedoch wird der Vorgang der Dämmerung noch durch die Veränderung der Dichtigkeit und Feuchtigkeit der Luft modificirt.

3. Capitel.

Ekliptik, Thierkreis, Präcession der Tag- und Nachtgleichen, tropisches und siderisches Jahr.

Die geringere Dauer der Dämmerung in den südlicheren Gegenden machte es möglich, die Bahn, welche die Sonne scheinbar am Fixsternhimmel zurücklegt, aus den bald nach ihr untergehenden oder

kurze Zeit vor ihr aufgehenden Fixsternen zu bestimmen. Man nannte diese Sonnenbahn die Ekliptik. Das griechische Wort eklipsis heißt Verfinsterung. Weil aber die Mondfinsternisse nur stattfinden, wenn der Mond in diesem Kreise oder sehr nahe demselben sich befindet, so nannte man die Sonnenbahn den Kreis der Finsternisse oder Ekliptik.

Man beobachtete ferner, daß der Mond und die Planeten sich bald nördlich, bald südlich von der Sonnenbahn befinden, doch nicht über 5° von derselben sich entfernen. Man benannte daher den Gürtel, welcher 5° nördlich und südlich von der Ekliptik sich über den Himmel erstreckt und in welchem die Planeten sich bewegen, den Thierkreis oder Zodiacus und theilte ihn in 12 nach Sternbildern benannte, den Monaten ziemlich entsprechende Theile, deren Mehrzahl nach Thieren benannt ist, — daher der Name: Thierkreis. Er beginnt mit dem Punkte, in welchem sich die Sonne zur Zeit der Frühlingsnachtgleiche oder im Beginne des Frühlings sich befindet, mit dem Zeichen des Widders, dem die des Stieres und der Zwillinge folgen. Im Frühlinge entfernt sich die Sonne, welche am 21. März im Aequator stand, bis zum nördlichsten Punkte ihrer Bahn, dem Anfangspunkte des Sternbildes des Krebses und dem Beginne des Sommers. Hier scheint die Sonne wegen der kaum bemerkbaren Bewegung stille zu stehen, daher die Benennung Solstitium oder Sonnenstillstand des Sommers. Die Sonne wendet sich wieder nach Süden zum Aequator, daher dieser Punkt auch der Wendepunkt des Krebses und der durch ihn parallel mit dem Aequator gezogene Kreis der Wendekreis des Krebses genannt wird. Das Sternbild des Krebses hat seinen Namen höchst wahrscheinlich von dem Rückwärtslaufen der irdischen Krebse erhalten. Daß zur Zeit der Sonnenwende die Krebse am schmackhaftesten werden, ist gewiß nicht die Veranlassung dazu gewesen.

Die Sternbilder des Krebses, des Löwen, die Zeit der größten Hitze, der Jungfrau sind die des Sommers, in welchem die Sonne wieder zum Aequator zurückkehrt. Mit dem Eintritt in das Sternbild der Waage, mit der Herbstnachtgleiche, beginnt der Herbst; die Tage werden kürzer, als die Nacht. Der Scorpion und der Schütze, das Symbol der Jagdzeit, sind die andern Sternbilder des Herbstes, Steinbock, Wassermann und Fische die des Winters, in welchem

die Sonne vom südlichsten Punkt ihrer Bahn, vom Wendepunkt des Steinbocks oder dem Wintersolstitium zum Aequator zurückkehrt und die Tage vom kürzesten am 21. December bis zur Frühlingsnachtgleiche zunehmen.

Von dem hohen Alter der Anordnung, die Gegend des Himmels, durch welche sich die Planeten bewegen, in einer Zone darzustellen und sie in zwölf fast übereinstimmende Bilder zu theilen, zeugt der Umstand, daß sie bei allen arischen Völkern, wie auch bei den Mongolen und Chinesen angetroffen wird. Die Zeit ihrer Entstehung läßt sich nicht mit Bestimmtheit angeben, obwohl das Fortrücken der Nachtgleichepunkte, d. h. der Durchschnittspunkte des Aequators mit der Ekliptik, uns diese Zeit ahnen läßt.

Wenn die Sonne einen scheinbaren Umlauf am Himmel vollendet hat, so daß sie wieder gleichzeitig mit demselben Fixsterne durch den Meridian geht oder culminirt, so ist der Frühlingsnachtgleichepunkt um 50,1″ nach Westen vorgerückt oder der Sonne entgegengekommen. Die scheinbar den Umlauf um die Erde vollendende Sonne erreicht daher den Frühlingsnachtgleichepunkt etwas früher, als sie einen vollständigen Kreis um die Erde durchlaufen hat. (Präcession der Nachtgleichen.) Diese Umlaufszeit vom Frühlingsnachtgleichepunkte bis wieder zu demselben ist das tropische oder bürgerliche Jahr $= 365^t\ 5^h\ 48'\ 49{,}7'''$. Dagegen ist das siderische Jahr oder die Zeit, nach welcher die Sonne dieselbe Stellung zu den Fixsternen wieder erlangt, $= 365^t\ 6^h\ 9'\ 9{,}6''$, so daß der Unterschied beider Jahre $20'\ 19{,}9''$ beträgt. Daher kommt es, daß der Frühlingspunkt, welcher in beinahe 72 Jahren sich um 1^0 fortbewegt, in 25868 Jahren aber durch die ganze Ekliptik läuft, jetzt nicht mehr im Anfangspunkte des Widderzeichens, sondern nahe dem Anfangspunkte des Sternbildes der Fische sich befindet. Jene Stellung im Widderzeichen ist daher ungefähr um das Jahr 350 v. Chr. ermittelt. Gewöhnlich setzt man die Zeit, in welcher der Thierkreis festgestellt wurde, auf das Jahr 2500 v. Chr., wo der Frühlingspunkt in den Anfangspunkt des Zeichens des Stieres fiel.

4. Capitel.

Gestalt der Erde.

Die Kenntniß des gestirnten Himmels war bei den Völkern des Alterthums schon sehr weit vorgeschritten; dagegen entwickelte sich die Kenntniß von der Gestalt der Erde weit langsamer. Man hielt lange Zeit den Wohnplatz der Menschen, die Erde, für eine gerundete Fläche, eine kreisrunde Scheibe, in deren Mitte sich natürlich der jedesmalige Wohnort befand. Die Griechen zur Zeit Homers dachten sich diese Erdscheibe von einem großen Strome, dem Okeanos, umflossen, den sie sinnbildlich als eine die feste Erde umgebende, sich in den Schwanz beißende Schlange darstellten, weil der Okeanos keinen Anfang und kein Ende habe. Nachdem Morgens die rosenfingerige (ῥοδοδάκτυλος) Eos, die Morgenröthe, die Thore des Himmels in der Gegend Aethiopiens, d. h. im Osten, geöffnet und der Erde den kommenden Tag verkündigt hat, besteigt der Sonnengott Helios, dessen Cultus später mit dem des Apollo verschmolzen wurde, den mit vier Rossen bespannten Wagen, fährt auf dem krystallenen Himmelsgewölbe von Osten nach Westen und senkt sich Abends wieder in den Ocean, um die durstigen Rosse zu tränken und die glühend gewordene Axe des Sonnenwagens abzukühlen. Während der Nacht kehrt der Sonnengott durch die hyperboräischen, d. h. die nördlichen Gegenden nach dem Ausgangsorte zurück.

In Aegypten, jener von Norden nach Süden lang ausgestreckten Oase des Nils, welche im Osten von unfruchtbaren Felsplatten, im Westen von der großen Wüste begrenzt wird, gegen deren Vordringen die Bewohner durch ungeheure Kanalbauten, wie den Bar el Youseph oder Josephskanal kämpften, stellte man den Sonnengott mit einem Sperberkopfe dar, und seine heiligen Thiere waren der Sperber und der Stier. Diesen Sonnengott dachte man sich im Kampfe mit der Dunkelheit der Nacht. Hiernach ist der Sonnenlauf in den Königsgräbern der alten ägyptischen Kapitale, des hundertthorigen Thebens, dargestellt:

Am Himmel, der als ein Weib mit weit ausgedehntem, weit ausgestrecktem, mit Sternen besäetem Gewande dargestellt ist, erscheint die Sonne in der ersten Tagesstunde als ein Kind mit dem Finger im

Munde. Dann fährt die Sonnenscheibe auf einer Barke im Flusse von Osten nach Westen. Zu jeder der 12 Tagesstunden führt eine besondere Pforte. In der ersten Stunde erfährt die Sonne die Anbetung der Geister des Ostens, die sie am Ufer bis zur zweiten Stunde begleiten. In den folgenden Stunden, in welchen das Gefolge stets wechselt, gelangt sie zu den Wohnungen der gerechtfertigten Seelen im Himmel. In den Stunden nach Mittag rüsten sich die Götter, der Sonne beizustehen im Kampfe gegen die böse Schlange Apep oder Apophis, d. h. gegen die Dunkelheit. Es werden Stricke um das Ungethüm geworfen; zwölf Götter ziehen die Schlange zur Seite und die Göttin des Himmelsraums, Nutpe, empfängt in der zwölften Stunde die Sonnenscheibe in ihren Armen. — Dieser Darstellung gegenüber sind die 12 Stunden der Nacht abgebildet. Der Sonnengott ist schwarz und fährt durch die Unterwelt, in welcher die Bösen ihre Strafe erhalten. Die Barke der Sonne wird von Westen nach Osten wieder heraufgezogen auf dem Flusse der Unterwelt. Der Sonnengott ruhet in der verschlossenen Kapelle der Barke, und die Geister, welche die Barke ganz ebenso ziehen, wie die Nilschiffe stromaufwärts gezogen werden, wechseln von Stunde zu Stunde. Die Pforte zu jeder Stunde wird von Krokodilen bewacht.

Wie bereits erwähnt, hatte die Kenntniß des gestirnten Himmels bedeutende Fortschritte gemacht, ohne daß man über die Gestalt der Erde nachgedacht hatte. Als aber die Phönizier auf ihren Schiffen im Mittelmeere bis über die Säulen des Hercules und vom rothen Meere aus bis Taprobane oder Ceylon im indischen Ocean vorgedrungen, als durch die Perserkriege auch die Kunde von Ländern östlich vom Euphrat und Tigris zu den Griechen gelangte, besonders aber, als durch Alexanders des Großen Siegeszug Indien erschlossen war und man hier von einem noch weit ferneren Lande, dem Lande der Seren, d. i. China, erzählen hörte, — nahm man statt der kreisrunden Erdscheibe eine länglichrunde an, deren größere Dimension von Osten nach Westen, von Indien oder China bis zum atlantischen Ocean und den Kassideriten, mit welchem Namen man entweder die Gesammtheit der britischen Inseln oder die westlich von der Halbinsel Cornwallis liegende Gruppe der Scilly-Inseln verstand, mit »Länge« bezeichnet wurde, während man die kürzere von Süden nach Norden die »Breite« nannte. Denn zur Zeit Alexanders waren den Griechen

nördlich nur die Länder bis zur Donau und das Land der Scythen, das südliche Rußland, südlich nur Nubien und die Wüste Sahara bekannt. Daher kommt es, daß wir noch heute die Entfernung eines Punktes der Erde vom Aequator, in Graden des Meridians ausgedrückt, die *geographische Breite*, die Entfernung von dem Meridian eines bestimmten Ortes, in Graden des Parallelkreises oder des Aequators ausgedrückt, die *geographische Länge* nennen.

Erst spät gelangte man zu der Vorstellung, daß die Erde eine Kugel sei. Zunächst führte die Wahrnehmung dazu, daß man von entfernteren Gegenständen zuerst nur die Gipfel sehen kann, daß sie aber immer mehr hervortreten, je mehr man sich ihnen nähert. Die Oberfläche der Erde konnte daher keine Ebene sein, weil man sonst die entferntesten Gegenstände zwar unter einem kleineren Gesichtswinkel, aber doch in ihrer vollständigen Gestalt erblicken mußte. Am deutlichsten war diese Wahrnehmung auf dem hohen Meere, wo Berg und Thal Hindernisse nicht bieten konnten. Hier erblickte man von sich nähernden Schiffen zuerst die Spitzen der Mastbäume, dann die Segel, bis man erst in größerer Nähe das ganze Schiff sehen konnte. Da nun dies nach allen Himmelsrichtungen wahrgenommen wurde, so mußte man daraus schließen, daß die Erdoberfläche eine kugelförmig gewölbte sei, denn bei einer cylindrischen Fläche hätte diese Erscheinung nur in der Richtung der Axe des Cylinders wahrgenommen werden können.

5. Capitel.

Erste Gradmessung des Eratosthenes. Berechnung der Finsternisse bei den alten Aegyptern.

In Aegypten, das als schmales Felsenthal von Norden nach Süden 180 Meilen, und wenn man das von den Aegyptern unterworfene Nubien mitrechnet, 300 Meilen sich erstreckt, mußte man die Entdeckung machen, daß nach der Durchwanderung dieser Strecke von Norden nach Süden am südlichen Himmel Sterne sichtbar werden, welche an der Küste des mittelländischen Meeres unbekannt waren, während hier nie untergehende Sterne, wie die des großen Bären, auf kurze Zeit unter den Horizont treten, endlich, daß der Polarstern im südlichen Nilthale um einige Grade sich dem Horizonte genähert hatte. Auch diese Beobachtung führte zur Annahme der Kugelgestalt der Erde,

welche im 4. sec. a. Chr. zur Zeit des Plato und Aristoteles unter den Griechen sich verbreitete. Eratosthenes aus Kyrene, 276 a. Chr. geboren, 226 vom Könige Ptolemäus Evergetes als Bibliothekar nach Alexandria berufen, unternahm die erste Gradmessung. Auf seinen Vorschlag hatte der König die großen Armillar-Sphären, d. h. aus Ringen dargestellte Himmelskugeln verfertigen lassen, welche auf dem Dache des Museums aufgestellt, diesem zur schönsten Zierde gereichten. An diesen mit außerordentlicher Genauigkeit angefertigten Instrumenten bestimmte er die Schiefe der Ekliptik zu 23° 51′ 15″, etwa um 23′ zu groß, was immerhin als ein außerordentliches Resultat für jene Zeit zu betrachten ist. Zur Gradmessung wandte er folgende Methode an. Er bemerkte, daß in Syene, dem heutigen Assuan, unweit des letzten Kataraktes oder Wasserfalls des Nils, ein Brunnenschacht am längsten Tage bis auf seinen Boden von der Sonne beschienen werde. Er maß ferner in einer Scapha, d. h. einer ausgehöhlten Sonnenuhr, zu Alexandria am längsten Tage den Schatten und fand, daß die Sonne um 7° 12′ oder um $^1/_{50}$ des Umkreises vom Zenith abstehe. Er nahm ferner beide Orte als unter demselben Meridian liegend und ihre Entfernung zu 5000 Stadien an, wahrscheinlich auf Grund früherer Landesvermessungen. Hiernach mußte also der Erdumfang 250000 Stadien betragen, d. h. 25 Millionen Toisen, während er in Wirklichkeit nur 20556000 Toisen beträgt. Obwohl dieser Fehler $4^1/_2$ Millionen Toisen oder beinahe 200 Meilen beträgt, so war diese erste Gradmessung doch eine große Errungenschaft, weil man bisher gar keinen Begriff von der Größe des Erdballs gehabt hatte. Auch ist zu bedenken, daß zu einer genauen Messung der Zeit alle Vorrichtungen fehlten und daß die Höhenmessungen ohne Anwendung eines Fernrohrs nur mit dem Mauerquadranten vorgenommen wurden, um dessen Mittelpunkt sich ein Diopterlineal bewegte. Nicht minder bewunderungswerth ist der Scharfsinn der ägyptischen und griechischen Astronomen, mit welchem sie aus angestellten Beobachtungen das Eintreffen bestimmter Himmelserscheinungen berechneten, wobei noch besonders hervorzuheben ist, daß ihre Ansichten über die Bewegungen der Himmelskörper grundfalsch, ihre Instrumente höchst mangelhaft waren und daß die Berechnung durch das griechische und römische Ziffersystem bis ins Ungeheure erschwert wurden. Die Aegypter sollen schon um 1800 a. Chr. Finsternisse vorausgesagt haben.

Ihre astronomischen Kenntnisse setzten sie in den Stand, zeitig den Beginn der Nilüberschwemmungen zu verkündigen.

6. Capitel.

Astronomie der Griechen.

Die Griechen erhielten ihre astronomischen Kenntnisse von den Aegyptern. Thales, um das Jahr 610, und Pythagoras, um 550 a. Chr., verkündeten zuerst in Griechenland eine Sonnenfinsterniß im Voraus. Sie erkannten den großen Abstand der Sonne und des Mondes von der Erde und hatten eine Ahnung von der Größe dieser Weltkörper. Bis zu Pythagoras hatte man noch nicht daran gezweifelt, daß die Weltkugel sich in 24 Stunden um die Erde drehe; Pythagoras lehrte zuerst, daß diese Bewegung eine scheinbare sei und durch die wirkliche Bewegung der Erde um ihre Axe entstehe. Auch ahnte er, daß nicht die Erde, sondern die Sonne der Mittelpunktskörper der Welt sei, daß also die Erde sich um die Sonne bewege. Dies fiel jedoch, weil nur eine Vermuthung und jeder Begründung entbehrend, der Vergessenheit anheim.

Erst Aristarch von Samos, um 260 a. Chr. Mathematiker und Astronom zu Alexandria, ein ausgezeichneter Beobachter, aber noch bedeutender als Theoretiker, erneuerte die Lehre des Pythagoras, wurde jedoch deßhalb von Kleanthes der Gotteslästerung angeklagt, weil er die Ruhe der Hestia, der Erdgöttin, störe. »Dem unwissenden Haufen glauben zu machen, sie stritten für die Ehre der Gottheit, das ist eine alte Taktik der Wahrheitsfeinde zu allen Zeiten und bei allen Völkern vor und nach Aristarch, vor und nach Galilei« sagt Mädler in seiner vor Kurzem vollendeten Geschichte der Himmelskunde.

Eine besondere Erwähnung verdient der Grieche Aratus aus Soli, ein Freund des berühmten Idyllendichters Theokrit, welcher als Arzt am Hofe des macedonischen Königs Antigonos Gonatas lebte und auf dessen Verlangen ein Gedicht verfaßte, in dessen erstem Theile: *Phaenomena*, Himmelszeichen, er die Natur und Bewegung der Sterne beschreibt, wobei er das berühmte Werk des Eudoxos von Knidos zu Grunde legte. Im 2. Theile: »Diosemeia oder Prognostika, behandelt er die Witterungszeichen und Gegenstände des Kalenders. Von den lateinischen Uebersetzungen des Cicero, des

Cäsar Germanicus und des Avienus ist uns nur die letztere erhalten worden. Johann Heinrich Voß, der berühmte Uebersetzer des Homer, hat auch dieses Gedicht ins Deutsche übersetzt. Der Anfang in dieser Uebersetzung ist folgender:

»Zeus sei unser Beginn, und niemals bleib er uns Männern
Ungelobt. Voll wahrlich des Zeus sind alle des Wandels
Weg', und alle Versammlnng der Welt, voll jegliche Meerfluth,
Jeglicher Port, ringsum ja des Zeus bedürfen wir alle.
Seines Geschlechts sind auch wir, und er mildherzig den Menschen
Zeichnet, was frommt, rechtsher, und zu Thätigkeit weckt er die Völker,
Mahnend an Lebensbedarf: Er sagt, wann besser der Pflugstier
Fuge die Scholl, und dem Karst, er sagt, wann schickliche Jahrszeit,
Daß man die Pflanze behäuf, und einsenk' allerlei Anwachs.
Denn selbst hat er die Zeichen am oberen Himmel befestigt,
Und Sternbilder vertheilt, er hat fürsehend dem Jahrlauf
Sterne bestimmt, die dem Menschen zumeist annahende Wechsel
Deuteten jeglicher Zeit, daß in Völligkeit Alles erwachse.
Drum ihn immer zuerst, und zuletzt ihn sühnen sie feiernd.
Heil, anstaunlicher Vater, den Sterblichen mächtiges Labsal.
Du auch, selbst des Geschlechts Ursprung! Heil, freundliche Musen,
Heil euch allen gesammt! Doch mir, der die Sterne zu melden,
Euch, wie geziemt, anfleht, bringt allen Gesang zur Vollendung.
Jene zugleich, so viele zerstreuet, andere anders
Ziehn mit dem Himmel einher in ewigem Zuge beständig.
Doch nie schwanket er selbst um ein weniges, sondern durchaus so
Bleibt ihm die Axe geheftet, die hält gleichschwebend vom Umfang
Hier in der Mitte die Erd', und umher dort dreht sie den Himmel.
Sie dann hat zween Pol' an jeglichem Ende gerichtet:
Unsichtbar ist jener, doch hier um den Boreas ragt er
Ob dem Okeanos hoch. Zwo zu den Seiten gestellte
Bärinnen rollen umher, darum auch Rollwagen benamet.
Diesen fürwahr ist immer das Haupt zu den Hüften einander
Hingewandt, und immer bewegen sie sich um die Schultern.
Rückwärts gegen die Schulter gekehrt. Wenn wahr das Gerücht ist
Beid' aus Kreta vordem, nach Zeus des Erhabenen Fügung,
Wandelten himmelempor, weil beid' ihn, welcher ein Kind war,
In wohlduftender Wanne, zunächst dem Gebirge des Ida
Unter die Grotte gelegt und aufgenähret ein Jahr lang,
Als die Diktäer Kureten mit Trug wegteuschten den Kronos.
Sie nun wird Kynosura*) genannt in des Volkes Benennung,
Und sie Helike**) dort. An der Helike nehmen Achaja's

*) Hundeschwanz, der kleine Bär.
**) Der große Bär, von seiner Umdrehung um den Pol so genannt.

Männer im Meer ihr Gemerk, wie es rath sei, Schiffe zu steuern;
Jener vertraun die Föniker, den Schwall zu durchfahren mit Kühnheit.
Aber die größere glänzt, dem Betrachtenden leichter erkenntlich,
Helike, mächtiges Glanzes, sobald Nachtdämmerung aufsteigt.
Jen' ist winziger zwar, doch mehr Seefahrenden nützlich,
Denn kurz drehet sie völlig im kleineren Wirbel den Umschwung,
Auch lenkt grader nach ihr der sidonische Segler die Laufbahn.«

Dieses Gedicht des Aratos erlangt dadurch für uns größere Wichtigkeit, weil ein Commentar über dasselbe die einzige Schrift des Hipparch, des größten Astronomen des Alterthums ist, welche uns erhalten blieb.

7. Capitel.

Hipparch und Posidonius.

Hipparch, in Nicäa geboren, war von 160 a. Chr. bis zu seinem 125 erfolgten Tode als Astronom in Alexandria thätig. Durch seine ausgezeichneten Beobachtungen überragt er alle Astronomen des Alterthums. Während bis dahin der Ort eines Sterns beim Auf- oder Niedergang im Horizonte gemessen wurde, bestimmte er dessen Lage beim Durchgang desselben durch den Meridian, wodurch eine bedeutend größere Genauigkeit der Beobachtung erlangt wurde. Er fand, daß das Sonnenjahr um 5' kleiner sei, als die bis dahin gewöhnliche Annahme zu $365^t\ 6^h$; er berichtigte die Theorie der Bewegung des Mondes und der Planeten und entdeckte das Vorrücken der Nachtgleichepunkte, welche er durch eine periodische Bewegung des Fixsternhimmels um die Pole der Ekliptik erklärte. Er verfertigte einen Katalog der Fixsterne, in dem er ihre Länge und Breite, d. h. ihre Lage zur Ekliptik bestimmte. Da er aber am Tage die Fixsterne nicht beobachten, also nicht direct mit der Sonne vergleichen konnte, so verglich er am Tage die Sonne mit dem Monde und Nachts den Mond mit den Sternen, wobei die Bewegung des Mondes in der Zwischenzeit berücksichtigt werden mußte. Dies führte zu einer strengeren Untersuchung des Mondlaufes. Er fand, daß seine Entfernung von der Erde verschieden sei und daß er sich in der Erdnähe rascher, in der Erdferne langsamer bewege, was man mit dem Namen Anomalie bezeichnet. Für die mittlere Entfernung des Monates fand er 59 Erdhalbmesser, was der Richtigkeit sehr nahe kommt. Sein Sternenkatalog enthält 1022 Sterne, deren Ort so für jeden einzelnen bestimmt ist, daß wir

ein genaues Bild des Himmels besitzen, wie er vor 2000 Jahren war. Bis zu Tycho's Zeiten ist nichts Besseres hierfür geleistet. Ptolemäus erzählt: Hipparch habe auch eine Planetentheorie aufgestellt, aber sie nicht mitgetheilt, um seinen Ruhm nicht zu gefährden. Wahrscheinlich wagte er sie nicht mitzutheilen, weil er sie noch nicht hinlänglich durch Thatsachen unterstützen konnte, was nur als ein Beweis für die Wissenschaftlichkeit dieses großen Mannes betrachtet werden kann, dem bis Kopernikus kein Astronom nur annähernd gleichkommt. Hipparch ließ auch zuerst den astronomischen Tag mit dem Mittag, d. h. mit dem Durchgange der Sonne durch den Meridian beginnen und bis zum nächsten Durchgange währen. Auch legte er den ersten Grund zur Trigonometrie.

Nach Hipparch ist Posidonius aus Rhodus zu erwähnen, der längere Zeit in Rom gelebt haben muß, da Cicero in seinem Buche «de natura deorum» ihn ausdrücklich seinen Lehrer nennt. Da alle seine Schriften verloren gegangen sind, so wissen wir nur, was Cicero in dem oben erwähnten Werke davon mittheilt.*) Er beschreibt darin die Phasen des Mondes, die Finsternisse und deren Ursachen, so wie wir heute davon sprechen würden. Der Welt im Ganzen, wie jedem einzelnen Sterne schreibt er eine Seele zu, denn in ihren Bewegungen sei Alles geregelt; (willkürliche) Rückgänge, Stillstände und directe Bewegungen wären nicht denkbar ohne leitende Intelligenz. Bei der Besprechung der Planeten, von denen Venus ganz richtig als der der Erde nächste genannt wird, giebt er die Umlaufszeit des Saturn zu 30, des Jupiter zu 12 Jahren an, beide um etwas zu groß. In dem Somnium Scipionis versetzt er sich im Traum in die Milchstraße und überschaut von dort das Universum. Hier verschwinden Sterne, die wir als leuchtende begrüßen, dort erscheinen andere, von denen wir wenig oder nichts sehen, »denn viele Sterne übertreffen unsere Erde an Größe.«

In einem Briefe an Tyron bespricht Cicero eine Uhr, und in der That ist bei den Ausgrabungen in Rom, an einer Stelle, wo Cicero's Wohnhaus gestanden haben soll, eine halbkugelförmige Sonnenuhr gefunden, welche nicht unwahrscheinlich die Cicero's gewesen ist.

---

*) Auszug aus Mädler's Geschichte der Himmelskunde I, 65.

8. Capitel.

Astronomie bei den Römern.

Obgleich wir den Römern keine Fortschritte in der Himmelskunde verdanken, und sie sich lange gegen die Wissenschaften verschlossen, daß noch ein Fabius deßhalb den Spitznamen Pictor erhielt und Mummius seinen Soldaten empfahl, die alten korinthischen Bildsäulen nicht zu zerschlagen und sie sorgfältig einzupacken, — bei Strafe, sie auf eigene Kosten wieder anfertigen lassen zu müssen, so konnte doch schon 168 a. Chr. der Consul Paulus Aemilius vor der Schlacht bei Pydna seinen Soldaten verkündigen, daß eine Mondfinsterniß eintreten würde und sie ermahnen, diese Naturbegebenheit nicht als Unglück bedeutend zu betrachten. Am folgenden Tage gewann Paulus Aemilius die Schlacht gegen die Macedonier, denen ein so einsichtsvoller Feldherr gefehlt hatte. Erwähnenswerth sind auch die Ansichten des Philosophen Annäus Seneca im 7. Buche seiner Naturales Quaestiones. Seneca wurde im Jahre 2 oder 3 p. Chr. in Cordula in Spanien geboren, wurde in Rom Schüler des Pythagoräers Sotion, des Stoikers Attalos und des Cynikers Diogenes. Die Kaiserin Agrippina erwählte ihn zum Lehrer ihres Sohnes Nero, den er auf einige Zeit vom lasterhaften Leben fern hielt. Aus Furcht vor den Hof-Intriguen zog er sich in die Einsamkeit zurück, aber vergeblich. Von der Kaiserin Poppäa der Theilnahme an der Verschwörung des Piso angeklagt, wurde er 65 zum Tode verurtheilt und wählte als Todesart die Eröffnung der Adern im Bade. Als aber die Verblutung zu langsam vor sich ging, nahm er Gift. Seine Gemahlin Paulina wollte mit ihm sterben, wurde jedoch auf Befehl des Nero gerettet.

Seneca erwähnt schon Spiegel, welche die Gegenstände vergrößern, verzerren und auch umkehren, die Vergrößerung durch Glaskugeln, die Anwendung mit Oel gefüllter Glaslinsen zur Beobachtung der Sonnenfinsternisse. Er bestreitet die herrschenden Ansichten über die Kometen, daß sie durch Zusammentreten vieler Sterne, oder, was noch unwahrscheinlicher, durch Conjunction zweier Planeten entständen. Auch aus Dünsten könnten sie nicht entstehen, da sie sonst nicht die tägliche Bewegung um die Erde haben könnten. Er beschreibt einen Kometen, der die Dunkelheit der Nacht verscheucht habe, so lange er am Himmel

gestanden, — und erwähnt einen andern, der sich in zwei Theile getheilt. Letzteres wurde lange für eine Fabel gehalten, bis die Kometenerscheinungen der Jahre 1843 und 1846 die Möglichkeit dargethan haben. Seneca erklärt dann die Kometen für Weltkörper, welche den Planeten ähnliche Bahnen haben, wie es denn auch mehr als fünf Planeten geben könne. Sein merkwürdigster Ausspruch über die Kometen ist folgender: »Wir erblicken weder den Anfang, noch das Ende dieser Bahnen, in denen sie aus unermeßlichen Entfernungen zu uns niedersteigen. Kaum sind es 1500 Jahre, daß Griechenland die Gestirne gezählt und ihnen Namen gegeben hat. Einst wird der Tag anbrechen, wo man nach Jahrhunderten des Forschens klar erkennen wird, was uns jetzt verborgen bleibt.« Mädler fügt hinzu: »Für uns ist Seneca's Tag angebrochen, aber erst nach 1500 Jahren und darüber, und nach langen und schweren Geisteskämpfen, die wir nicht so unbedingt als Jahrhunderte des Forschens bezeichnen können.«

Dem Scharfsinn des Julius Cäsar verdanken wir die Kalenderreform, welche für das ganze damals schon so große römische Reich Geltung erlangte. Die bei fast allen Völkern übliche Rechnung nach Mondjahren von 12 Mondenmonaten mit 11 Schalttagen hatte die größten Unordnungen in ihrem Gefolge. Cäsar führte 45 a. Chr. mit Hülfe des Astronomen Sosigenes in Alexandria das Sonnenjahr von 12 Monaten oder 365¼ Tagen ein, so daß jedes vierte Jahr einen Schalttag, daher 366 Tage erhielt. Das Jahr begann mit dem März. Der fünfte Monat, Quintilis, erhielt bald darauf zu Ehren des Julius Cäsar den Namen Julius, der sechste, Sextilis, den Namen des Augustus. In den vier letzten Monaten unseres jetzigen Jahres haben sich die alten römischen Ordnungszahlen noch erhalten.

9. Capitel.

Ptolemäus.

Seit Hipparch hatte beinahe drei Jahrhunderte hindurch die Himmelskunde keine bedeutenden Fortschritte gemacht, jedoch hatten sich die Kenntnisse, welche von Aegypten ausgegangen und von den Griechen vermehrt waren, über alle Provinzen des großen römischen Reiches verbreitet. In den Werken des Ptolemäus sollte die Astronomie für beinahe vierzehn Jahrhunderte ihren Schlußstein erlangen.

Claudius Ptolemäus, zu Ptolemais, nach Andern zu Pelusium in Aegypten geboren, war zur Zeit der Kaiser Trajan und Hadrian Astronom in Alexandria. Ihm verdanken wir es, daß die Forschungen und Entdeckungen seiner Vorgänger, namentlich die des Hipparch der Nachwelt erhalten wurden, denn alle diese brachte er in seinem be- berühmten Werke: «μεγάλη σύνταξις τῆς αστρονομίας» d. h. große Zusammenstellung oder Anordnung der Sternkunde, in ein System, das, obwohl von ihm selbst mit Mißtrauen betrachtet, 1½ Jahrtausende als ein unfehlbares Evangelium gegolten, an dem zu zweifeln ein Verbrechen war, welches mit Kerker und Tod, bei König Alphons X von Kastilien mit dem Verluste der Krone bestraft wurde. Ptolemäus hat durch sein Werk übermäßigen Ruhm erlangt, denn auch die schwächsten Stellen desselben wurden als unantastbar betrachtet, gleich wie die Bibel bei den Orthodoxen und der Aristoteles bei den Scholastikern des Mittelalters. Als aber Kopernikus und Kepler sein Werk der Kritik unterwarfen, wurde sein Thron umgestürzt und sein Verdienst auf das richtige Maß eines Sammlers und geschickten Zusammenstellers der Forschungen des Hipparch, Eudoxus und Anderer zurückgeführt.

Seine Syntaxis, die wir immer noch das erste wissenschaftliche Werk über das Weltgebäude nennen müssen, ist uns zwar verloren gegangen, aber glücklicher Weise wurde es im 9. sec. ins Arabische übersetzt, wo es durch Verstümmelung des Titels den Namen: »Almagest« erhielt. Bekannt ist, daß im 7. sec. bei und nach der Eroberung Alexandriens durch die Araber die großen Schätze der Kunst und Wissenschaft durch Feuersbrünste zu Grunde gingen, ja man erzählt sogar, daß mit den übriggebliebenen Büchern die Bäder geheizt wurden. Unter den vier ersten Khalifen und unter der ersten Dynastie der Ommyaden fanden die Wissenschaften bei den Arabern keine oder geringe Pflege. Erst der Abasside Harun al Raschid, der dritte der in Bagdad thronenden Khalifen, der Zeitgenosse Karls des Großen, gewährte ihnen Schutz und sein Sohn Almanon war der Erste, der eifrig die Wissenschaften pflegte. Von den Kunstschätzen und Bibliotheken Alexandriens war nichts gerettet worden, aber in Konstantinopel waren große Schätze der Kunst und Wissenschaft vorhanden. Als daher Almanon den griechischen Kaiser Michael III durch schwere Niederlagen gezwungen hatte, um Frieden zu bitten, forderte er als Siegespreis, daß seine Gelehrten die in den Bibliotheken Konstantinopels

vorhandenen Werke des Alterthums abschreiben und übersetzen durften. Bei dieser Arbeit führte er selbst den Vorsitz. Die ersten Uebersetzungen waren die der Elemente Euklids und des Hauptwerkes des Ptolemäus, des Almagest, d. h. großes Compendium. Kaiser Friedrich II ließ diesen um 1230 ins Lateinische übertragen, auch war er eins der ersten Werke der Buchdruckerkunst. Nach Ptolemäus wird dieses erste Weltsystem, welches bis zur Zeit der Reformation unbedingte Geltung behielt, das Ptolemäische genannt. Nach demselben bildet die Erde den Mittelpunkt des Weltalls, welches als begrenzt gedacht wird und aus festen, durchsichtigen Hohlkugeln gleich den Schalen einer Zwiebel zusammengesetzt ist, auf denen sich Sonne, Mond und die fünf Planeten bewegen. Die Ungleichheit aber, mit welcher sich die Sonne um die Erde bewegt, nöthigte zu der Annahme, daß, obwohl die Erde der Mittelpunkt des Weltsystems ist, dennoch der Mittelpunkt des Kreises, in welchem die Sonne sich um die Erde bewegt, von dem Mittelpunkte der Erde verschieden sei. Man nannte die Ungleichheit in der Bewegung der Sonne die erste Ungleichheit, ihre Bahn einen excentrischen Kreis.

Die zweite Ungleichheit nannte man die noch weit größere Unregelmäßigkeit der Bewegung der Planeten, welche, wie erwähnt, bald rechtläufig, bald rückläufig ist, nur daß die rechtläufige Bewegung stets in einem größeren Bogen, als die rückläufige stattfindet. Diese zweite Ungleichheit wird durch die Epicykloïde erklärt. Cykloïde oder Radlinie ist die krumme Linie, welche ein Punkt eines Kreises oder der Peripherie eines Rades beschreibt, welches sich auf einer geraden Linie fortbewegt. Denken wir uns aber einen stetig sich drehenden Kreis, dessen Mittelpunkt sich in der Peripherie eines andern Kreises fortbewegt, so beschreibt jeder Punkt der Peripherie des ersteren eine Epicykloïde. Durch die Annahme einer solchen epicykloïdischen Bahn konnte man aber die Recht- und Rückläufigkeit der Planeten mit ziemlicher Genauigkeit erklären. Eine dritte Ungleichheit bildete die Evection des Mondes, eine Unregelmäßigkeit in seiner Bewegung, die man durch eine andere Art von Epicykloïde zu erklären suchte.

Nach dem Ptolemäischen System laufen also alle Planeten um je einen eingebildeten Punkt und dieser eingebildete Punkt bewegt sich wieder um die Erde. Die Planeten schweben nicht im Weltenraum,

sondern bewegen sich auf Sphären, deren äußerste, die achte, durch ihren Umschwung Alles mit sich fortreißt.

10. Capitel.

Astrologie.

Die Astronomie des Alterthums beobachtete nur die Bewegung der Himmelskörper und suchte die Wiederkehr der Erscheinungen zu berechnen, eine Aufgabe, die auch wirklich mit dem größten Scharfsinn gelöst wurde; aber die Frage, wodurch die Bewegung hervorgebracht werde, wurde nicht gestellt. Man construirte mit Lineal und Zirkel die Bewegungen der Himmelskörper, aber nur in Rücksicht auf die Zeit, nicht auf Kräfte und Massen. Dagegen war mit der Sternkunde bei allen Völkern des Alterthums eng verbunden die Betrachtung, welchen Einfluß die Gestirne sowohl auf die Witterung, als auch auf die Geschicke der Menschen haben. Der ursprüngliche Name der Sternkunde: »Astrologie«, wurde später nur für diese Sterndeuterei gebraucht. Der Name Constellation bezeichnet eigentlich die Stellung von Sternen zu einander, die bei den Fixsternen unveränderlich ist. Bei den Planeten ist sie aber veränderlich, und so wurde die Stellung einzelner Planeten zu einander zur Stunde der Geburt eines Menschen oder beim Beginn eines Krieges, zur Zeit der Abschließung von Verträgen und Bündnissen 2c. ein Hauptgegenstand der Forschung. Im vorletzten Herbste (1873) glänzten vor Aufgang der Sonne am östlichen Himmel die Venus als Morgenstern und der Jupiter. Wir würden also, wenn wir damals Astrologie hätten treiben wollen, zuerst die Aspecten bestimmt haben, d. h. den Gesichtswinkel, unter welchem beide Sterne gleichzeitig betrachtet erscheinen. Sind die Sterne einander sehr nahe, so sind sie in Conjunction, bei einer Entfernung von 180° im Gegenschein oder in Opposition, bei einer Entfernung von 120° im Trigon oder Gedrittschein, bei 60° im Hexagon oder Gesechstschein, bei 90° im Geviertschein. Für gute Aspecten galten der Gedritt- und Gesechstschein, für schlimme der Geviert- und Gegenschein, für gleichgültig die Conjunction. Das Horoskop ist derjenige Punkt der Ekliptik, der zu einer gegebenen Zeit, z. B. der Geburt eines Menschen im Horizonte aufgeht. Zugleich hatte man den Himmel in zwölf Abtheilungen oder

Häuser getheilt, von denen immer sechs über, sechs unter dem Horizonte sich befinden. Jedes Haus wird von einem Planeten beherrscht. Die Stellung dieser Häuser zur Zeit der Geburt combinirt mit den Aspecten und dem Horoskop hieß das Stellen der Nativität. Dieses war so complicirt, daß es den Astrologen nicht an Ausreden fehlen konnte, wenn ihre Vorhersagungen nicht zutrafen.

Jeder Mensch sollte unter einem Planeten geboren werden und von dem Standorte dieses zu den andern Planeten sollte das Schicksal des Menschen abhängig sein. Selbst einzelnen Theilen des menschlichen Körpers hat man Planeten zu Wahlverwandten gegeben; so entspricht nach Ptolemäus Venus dem Geruch und der Leber, Mercur der Zunge und Galle, Mars dem linken Ohr und den Venen. Jahrhunderte hindurch blieb dieser Aberglaube der Astrologie mit der Wissenschaft von der Sternkunde oder Astronomie und der Kenntniß des gestirnten Himmels oder Astrognosie eng verknüpft. Dieser Verbindung aber haben wir es zu verdanken, daß nach der finstern Nacht des Mittelalters die Astronomen wieder in den Stand gesetzt wurden, die Beobachtung der Gestirne der Wissenschaft dienstbar zu machen. Zu dem Hofstaate eines Fürsten gehörte nämlich außer den Stallmeistern, Leibjägern und dem sonstigen Hofgesinde auch ein Astrolog, und noch Tycho und Kepler waren als kaiserliche Astronomen in Prag gezwungen, den astrologischen Fragen des kaiserlichen Hofes zu antworten, obwohl sie schon die Sterndeutung als Aberglauben erkannt hatten. Mädler sagt darüber:

»Der Wunsch, seine eigenen persönlichen Geschicke, wie die seines Landes und Volkes in den Sternen lesen zu wollen und auf diesem Wege in die verborgene Zukunft einzudringen, ist ein dem ungebildeten Menschen so nahe liegender, daß wir uns nicht wundern dürfen, die Astrologie fast überall, und nicht nur im ersten Anfange, sondern auch selbst im weiteren Fortgange, noch anzutreffen. Aber wenn selbst noch im Jahre des Heils 1816 ein deutscher Professor, J. W. Pfaff, alles Ernstes ein Lehrbuch der Astrologie schreiben konnte, wer wollte da noch den Stab brechen über jene Alten, die gegen eigenes besseres Wissen genöthigt waren, dem allgemeinen Vorurtheil sich anzubequemen und regierenden Häuptern die Nativität zu stellen. War doch Wallenstein noch der Sterndeuterei ganz ergeben. — Nun haben Einige davon Veranlassung genommen, diese langlebige Ausgeburt der

Unwissenheit und des Irrthums zur Mutter der Astronomie zu machen; und dagegen muß diese als eine echte Tochter des Himmels aufs ernsteste protestiren. Nichts von einer derartigen Zusammenstellung mit ihrer ‚soeur batarde', wie Lalande die Astrologie treffend bezeichnet hat. Stolz auf ihren Ursprung wird die Himmelskunde ihre Würde zu wahren wissen, und die Blätter ihrer Geschichte sollen nicht befleckt werden mit den Wahngebilden einer lügnerischen Lehre, über welche die Zeit unwiderruflich gerichtet hat.«

11. Capitel.

Astronomie der asiatischen Völker.

Bevor ich nun zur Darstellung der geringen Fortschritte der Astronomie in dem großen Zeitraume von Ptolemäus bis auf Kopernikus übergehe, werde ich in kurzen Abrissen das zu schildern versuchen, was die einzelnen Nationen Asiens auf dem Gebiete der Astronomie geleistet haben.

Die chinesischen Geschichtsschreiber führen ihre sagenhafte Geschichte auf Millionen von Jahren zurück. Unter der Regierung des immer noch sagenhaften Herrschers Fo-hi soll die Beobachtung der Sterne begonnen haben, doch stammen die ältesten uns überlieferten Beobachtungen erst von 2500 a. Chr. Im Jahre 2296, unter der Regierung des hochgepriesenen Kaisers Yao, erschien ein großer Komet. Wegen einer Sonnenfinsterniß, welche die Astronomen Hi und Ho nicht vorher verkündigt, wurden diese zum Tode verurtheilt und hingerichtet. Nach der Berechnung neuerer Astronomen hat diese am 13. October 2128 a. Chr. zur Mittagszeit stattgefunden. Bald darauf soll auch im 70. Jahre der Regierung des Yao eine große Fluth gewesen sein, die aber mit der noachischen durchaus nicht identisch ist. In der Sage von dieser, der großen Fluth, Sint-Fluth, wird der Ararat als höchster Berg genannt.

Nach der Regierung des Kaisers Yao soll die Himmelskunde in Verfall gerathen sein. Doch sind uns aus dieser Zeit mehrere Kometenbeobachtungen überliefert, wobei besonders hervorzuheben ist, daß von damit verbundenen Wundergeschichten und verkündigten Strafgerichten keine Rede ist. Unter der Dynastie Han werden die Beobachtungen regelmäßiger. Vom 22. Februar 720 bis 22. Juli 495

a. Chr. werden im Chunt-tseu, einem Werke des Religionsstifters Konfutse, 36 Finsternisse erwähnt, in einem andern Werk von 481 bis 1 a. Chr. 56 Finsternisse, also in 720 Jahren zusammen 92. Da sich aber in diesem Zeitraume allein 1620 Sonnenfinsternisse ereignet haben, von denen 600 in China sichtbar gewesen sein mußten, so werden die Chinesen nur diejenigen Finsternisse verzeichnet haben, welche total waren oder wenigstens 10 Zoll betrugen.

Von den ältesten astronomischen Forschungen der Hindu's wissen wir noch weniger, als von denen der Chinesen, jedoch verdanken wir ihnen die Erfindung des Decimalsystems mit bestimmtem Stellenwerthe. Der Umstand, daß der Mensch an den Fingern das Zählen gelernt, hat unstreitig die Zahl 10 zur Grundzahl unseres Zahlensystems gemacht. So groß jedoch der Aufschwung aller Künste und Wissenschaften bei den Griechen und Römern war, so haben sie es nicht zu einem bequemen Zahlensystem gebracht. In dem römischen Systeme spielt die Zahl 5 eine verderbliche Rolle, so daß man schon zur Addition und Subtraction sich der Rechenbretter bedienen mußte, während Multiplication und Division größerer Zahlen zu den schwierigsten und zeitraubenden Operationen gehörte, und jetzt die Berechnung einer Kometenbahn weniger Schwierigkeiten bereitet, als damals eine Division. Unser jetziges Zahlensystem, in welchem nur zehn Zeichen oder Ziffern vorkommen und der Werth jeder Ziffer durch ihre Stellung bedingt wird, wurde zuerst im 8. sec. a. Chr. in der indischen Akademie zu Madura ausgearbeitet, blieb aber dem Volke fremd, da nur die gelehrten Braminen sich desselben bedienten. Von diesen lernten es die Araber kennen, von denen wir es wieder erhalten haben. Für die Araber, welche, wie die Hebräer und andere semitische Völker von der Rechten zur Linken schreiben, war es aber noch einfacher, als für uns, da unser Schreiben von der Linken zur Rechten bei den Zahlen das Lesen und Schreiben erschwert. Die Zahl 4873 müßte gelesen werden: drei siebzig achthundert viertausend, und bei consequenter Umwandlung der arabischen Schreibweise in die links-rechte müßten bei jeder Zahl in der ersten Stelle links die Einer stehen und dann rechts die Zehner, Hunderte, Tausende folgen. In diesem Falle würde weder das Schreiben noch das Aussprechen vielstelliger Zahlen Schwierigkeiten machen oder besonderer Regeln bedürfen. Unsern Ziffern liegen die den hebräischen ähnlichen arabischen Buchstabenzeichen zu

Grunde, wie wir denn auch unsere jetzigen Ziffern zum Unterschied von den römischen die arabischen nennen. Erst im 16. Jahrhundert wurde das Rechnen mit arabischen Ziffern allgemein in Deutschland verbreitet. Adam Riese gebraucht sie schon in seinem 1525 erschienenen und berühmt gewordenen Rechenbuche, lehrt aber noch das Rechnen auf den Linien, dem die römischen Ziffern und die Fünfertheilung zu Grunde liegen.

Durch dieses Zahlensystem ist das Rechnen so erleichtert und bequem gemacht, daß es ein Gemeingut des Volkes geworden ist, während noch in der zweiten Hälfte des 7. sec. der gelehrte Engländer Beda Venerabilis das Rechnen der vier Species für die schwierigste und die höchste Geisteskraft beanspruchende Arbeit erklärte.

Als eine zweite wichtige Errungenschaft der Hindu ist die Ermittelung des Verhältnisses des Kreisdurchmessers zur Peripherie zu erwähnen. Wir wissen, daß der berühmte Grieche Archimedes, der 212 a. Chr. bei der Erstürmung von Syrakus durch die Römer seinen Tod fand, es zu 7 : 22 berechnet hat. Aber lange vor Archimedes haben es die Hindu weit genauer ermittelt, nämlich 1250 : 3927, ein Verhältniß, das nur um $^3/_4$ eines Millionentheils zu groß ist. Erst Metius hat im 17. Jahrhundert es etwas genauer zu 113 : 355 angegeben. Dieses Verhältniß wurde von Vieta 1579 auf 10 Decimalstellen, von Ludolph van Ceulen, nach welchem es gewöhnlich die Ludolph'sche Zahl genannt und mit dem griechischen Buchstaben π (Pi) bezeichnet wird, 1596 auf 32, von Georg von Vega, gestorben 1802, auf 140 Decimalstellen berechnet.

Die Genauigkeit der Berechnung ergiebt sich aus folgender Zusammenstellung:

Ludolph'sche Zahl oder π = 3,1415926535....
Verhältniß des Archimedes = $^{22}/_7$ = 3,1428571
Indisches Verhältniß = $^{3927}/_{1250}$ = 3,1416000
Metius'sches Verhältniß = $^{355}/_{113}$ = 3,1415929

Das letztere hat für die meisten Zwecke ausreichende Genauigkeit und gewährt den besonderen Vortheil, daß es sich sehr leicht dem Gedächtniß einprägt 113|355.

Die eigentlichen astronomischen Kenntnisse haben die Hindu den Chinesen entlehnt, sie haben aber wesentliche Verbesserungen hinzugefügt. In den indischen Schriften werden auch mehrere Planeten-

bedeckungen durch den Mond und mehrere große Conjunctionen, d. h. große Annäherungen von Planeten erwähnt, aus deren Rückwärtsrechnung der größte der französischen Astronomen, Laplace (gestorben 1827), ermittelt hat, daß das Alter der indischen Astronomie auf 3000 a. Chr. zu verbürgen ist. Bei den Bedeckungen des Jupiter und Mercur durch den Mond wird gesagt, daß der Mond diese aus sich erzeugt habe, womit der Austritt gemeint wird.

Das dritte Volk, welches wir erwähnen müssen, sind die Babylonier. Die Geschichte der Völker, welche in dem großen fruchtbaren Delta des Euphrat und Tigris und in den benachbarten Ländern große Reiche gründeten, ist erst in den letzten Jahrzehnten etwas durchsichtiger geworden. Daß Ninive und Babylon große Städte des Alterthums gewesen, Hauptstädte mächtiger, erobernder Reiche, ist uns von den Griechen überliefert, aber alle Schriftquellen dieser Völker selbst sind verloren gegangen. Von den Städten selbst sind nur Erdhügel übrig geblieben, da ihre Mauern von getrockneten Erdsteinen aufgeführt waren, die durch Erdharz als Mörtel verbunden waren. Diese dicken Erdwände waren mit Platten eines Kalkschiefers, ähnlich dem Solenhofer lithographischen Schiefer, bekleidet, in welchen man Zeichnungen einkratzen konnte. Wegen des Mangels an Holz und der geringen Tragkraft der Mauern waren die inneren Räume der Paläste und Häuser nur schmale Säle oder Zimmer. Bei der Zerstörung verschüttete der Schutt der Wände des oberen Geschosses die des unteren und so bildeten sich die Erdhügel, auf welche die jetzigen Bewohner dieser Gegenden mit abergläubischer Scheu blicken. Englische und französische Forscher haben es unternommen, diese Erdhügel zu eröffnen, wobei der Aberglaube der jetzigen armseligen Hirtenbevölkerung ihnen sehr hinderlich war. Man hat vorsichtig Stollen in die Erdhügel getrieben und hat so einen großen Theil der Erdgeschosse in demselben Zustande vorgefunden, in welchen sie durch die zerstörende Feuersbrunst versetzt waren. Die innern Wände sind zum Theil noch mit den Platten bekleidet, theils liegen diese im Schutte des Bodens, und die Bildwerke auf diesen Platten, die sonst noch vorgefundenen Bildwerke, Waffen und Geräthe haben uns über jene alten Völker große Aufschlüsse gegeben, durch welche die bisherige Darstellung ihrer Geschichte in den bis dahin üblichen Lehrbüchern geradezu über den Haufen gestürzt wird. Diese ersten Untersuchungen haben in der Gegend des heutigen Nimrud,

des ehemaligen Ninive, stattgefunden. Aber auch in der Gegend des ehemaligen Babylons, des Babels in der lutherischen Bibelübersetzung, erheben sich solche Erdhügel, darunter ein großer, hoher, welcher die Ruinen des ehemaligen Baal- oder Sonnentempels bedeckt und jetzt der Thurm Nimrud's genannt wird. Hier haben die Nachgrabungen kaum begonnen.

Soweit bis jetzt die Geschichte Mesopotamiens aufgeklärt ist, muß angenommen werden, daß Babylon schon 3000 Jahre vor Christi Geburt ein mächtiges Emporium war, von wo zahlreiche Handelskarawanen bis zur großen Wüste Afrika's und nach Iran, Turan und Indien zogen. Ackerbau und Handel machten Babylon schon in den ältesten Zeiten zum Mittelpunkt einer blühenden Cultur. Der Priesterstand der Chaldäer bestand wahrscheinlich aus den Nachkommen des früher herrschenden von Norden eingewanderten Volkes und bildete unter den spätern Eroberern eine abgeschlossene, bevorrechtete Kaste. Sie werden *Magoi*, Magier, genannt. Mit der Pflege der Himmelskunde war auch hier die Sterndeuterei verbunden, ja diese schoß hier am üppigsten auf und daher ist mit dem Namen »Magier«, »Magie« der Begriff nicht nur der Prophetie, sondern auch der der Zauberei in Verbindung gebracht.

Der große thurmartige Tempel des Sonnengottes, der in acht Terrassen oder Stockwerken sich zu einer Höhe von 600 Fuß erhob, diente zugleich als Sternwarte und als Wachposten gegen die Ueberfälle nordischer Völker. Der davon übrig gebliebene Hügel oder Schutthaufen ist 198 Fuß hoch und hat 1525 Fuß im Umfang. Der fast immer klare Himmel, dessen Horizont durch keinen Höhenzug beeinträchtigt wird, die Durchsichtigkeit der Atmosphäre begünstigten die Messung des Auf- und Untergangs der Gestirne. Vielleicht geben uns zukünftige Ausgrabungen eine genügendere Auskunft über die Astronomie der Babylonier. Aristoteles, dem sein Schüler Alexander d. Gr. alle Mittel zur Erforschung der Länder darbot, durch welche sein Siegeszug ihn führte, erzählt, daß die ältesten Beobachtungen auf 1903 Jahre vor seiner Zeit, oder auf 2230 Jahre a. Chr. zurückgehen und daß die Magier in dieser Zeit 832 Mond- und 373 Sonnenfinsternisse beobachtet hatten. Auch kannten sie die 19jährige Mondperiode, nach welcher die Mondphasen nach 19 Jahren wieder auf denselben Jahrestag fallen. Hipparch benutzte bei seinen Berechnungen die ihm zu

Gebote stehenden Beobachtungen der Chaldäer, welche er als genauere den ägyptischen vorgezogen zu haben scheint.

12. Capitel.

Astronomie im Mittelalter.

Bereits habe ich erwähnt, daß nach dem Untergange des weströmischen Reiches und der Eroberung Alexandriens durch die Araber die Astronomie, welche die schon durch die Herrschsucht der Priesterschaft entartete christliche Kirche mit feindseligen Augen betrachtete, gänzlich der Vergessenheit verfallen wäre, wenn nicht die Araber unter den die Wissenschaften fördernden Khalifen der abassidischen Dynastie und der Ommajaden in Spanien das Studium der Mathematik und Astronomie begünstigt hätten. Wir verdanken daher den Arabern die Erhaltung vieler mathematischen und astronomischen Schriften der Griechen, da sie doch wenigstens in arabischen Uebersetzungen auf uns gekommen sind. Während jedoch die Araber durch vollkommene Durchführung des dekadischen Zahlensystems und durch die Anwendung von Buchstaben zur Bezeichnung allgemeiner Größen oder durch die Erfindung der Algebra die Mathematik, und zwar hauptsächlich die Arithmetik gefördert, haben wir ihnen Fortschritte in der Astronomie nicht zu verdanken. Das Ptolemäische System, wie es im Almagest aufgestellt war, blieb unverändert. Nach der Eroberung Spaniens durch die Araber wurden die Höfe der maurischen Fürsten in Cordova, Sevilla, Granada die Pflanzstätten der Wissenschaften, deren Studium von den ebenso gebildeten als toleranten maurischen Fürsten auch Juden und Christen gestattet wurde. So verbreitete sich das Studium der Mathematik, Astronomie, Philosophie und Medicin vom maurischen Spanien aus über die christlichen Staaten Europa's.

König Alphons X von Kastilien, genannt der Weise, der auch während des Interregnums zum deutschen Kaiser erwählt wurde, aber, nachdem er die zerrütteten Verhältnisse unseres Vaterlandes kennen gelernt, die deutsche Kaiserkrone ausschlug und nach Kastilien zurückkehrte, hatte schon 1240, zwölf Jahre vor seiner Thronbesteigung, ein Collegium von Astronomen jedes Bekenntnisses berufen, um die Ptolemäischen Tafeln, deren Mängel immer fühlbarer geworden waren, zu verbessern. Zu dieser Commission gehörten als Präsident der Jude

Isaak Abensid, genannt Hassan, und die Mauren Aben Ragel, Alcabit, Aben Musa, Mohammed Abuphali und Abuna. Die nach vier Jahren vollendeten Tafeln waren ganz ungenügend, weil der Präsident Hassan seine kabbalistischen Ansichten zur Geltung gebracht hatte. Alphons ließ die Arbeit wieder von vorn anfangen und scheuete kein Opfer. Er soll dazu 40000, nach Andern 400000 Dukaten verwandt haben. Im Jahre seiner Thronbesteigung 1252 wurde diese zweite Arbeit vollendet, doch auch jetzt entsprachen die nach ihm benannten Alphonsinischen Tafeln nicht seinen Erwartungen. Bei den verwickelten Hypothesen des Ptolemäischen Systems entstanden dem Rechner so große Schwierigkeiten, daß Alphons einst ausgerufen haben soll: »Wenn der Weltenschöpfer mich dabei zu Rathe gezogen hätte, es sollte besser geordnet sein!«

Schon durch die Berufung von Juden und Mauren und durch den Verkehr mit ihnen hatte Alphons den Haß der Mönchsorden erregt. Ein solcher Ausspruch steigerte diesen Haß in einer Zeit, wo Fanatismus und Unwissenheit zu Ehren des Gottes stritten, den die Mönchsorden sich nach ihrem Bilde geschaffen hatten. Man hetzte den Kronprinzen Sancho, dem sein Vater zu lange lebte, gegen diesen auf und der Infant Don Manuel klagte in den Cortes den König der Gotteslästerung und Verschwendung an. Alphons wurde durch Beschluß der Cortes 1282 als geistesschwach abgesetzt, seiner Schätze beraubt und starb einsam in der Verbannung im Jahre 1284, 61 Jahre alt.

Erst etwas später schrieb Sacro Bosco ein Lehrbuch über die Himmelskugel. Größere Förderung erfuhr aber die Astronomie durch den Engländer Roger Bacon, der wegen seiner vielseitigen Kenntnisse den Beinamen: «*Doctor mirabilis*» erhalten hat. Geboren 1214 zu Ilchester, studirte er zu Oxford und Paris, wurde 1240 Franziskaner und bald darauf Lehrer an der Universität Oxford. Er ist der Erfinder oder Verbesserer der Vergrößerungs- oder Ferngläser, auch wies er in seinen Schriften die Mängel des damaligen Kalenders nach. Er kannte die der Wirkung des Schießpulvers zu Grunde liegende Kraft des Salpeters, allein die Versuche damit brachten ihn in den Verdacht der Zauberei. Verhängnißvoll für ihn wurden aber seine philosophischen Schriften, in welchen er die Irrthümer nachwies, welche durch unrichtige Uebersetzung der Bibel und falsches Verständniß des Aristoteles sich in die Theologie und Philosophie eingeschlichen hatten.

Er forderte von den Geistlichen gründliche Sprachstudien, so wie jetzt Virchow von den katholischen Geistlichen Studium der Mathematik und Naturwissenschaften. In einem größeren Werke, genannt «*opus majus*», das er an den Papst Clemens IV sandte, zeigte er die Nothwendigkeit einer allgemeinen Reform im Gebiete des Staates, der Kirche und der Schulen. Seine Ordensoberen aber verfolgten ihn als einen gefährlichen Neuerer und Ketzer, vertrieben ihn von seinem Lehrstuhl und schleppten ihn als Gefangenen in sein Kloster zurück. Papst Clemens befreiete ihn auf kurze Zeit, aber Papst Nicolaus III ließ ihn unter der Beschuldigung, daß er schwarze Magie treibe, wieder in das Klostergefängniß zurückbringen. Erst Papst Nicolaus IV ließ ihn wieder frei, doch starb er bald darauf in Folge der harten Gefängnißhaft im Jahre 1290, 66 Jahr alt. Was würde Baco für die Wissenschaft geleistet haben, wenn er dieser sein ganzes Leben ohne Störung hätte widmen können?

13. Capitel.

Vorkopernikanische Periode. Italien und Portugal.

Wir kommen nun zur vorkopernikanischen Periode. Große Veränderungen bereiten sich vor, sowohl im Gebiete der Politik, als auch der geistigen Entwickelung der europäischen Völker. Das siegreiche Vordringen der Türken in Europa, welche nach der Schlacht von Adrianopel im Jahre 1396 auf ihren verwüstenden Heerfahrten sogar Steiermark heimsuchten und den größten Theil der Balkanhalbinsel sich unterwarfen, veranlaßte schon viele gelehrte Griechen, nach Italien zu flüchten, wo sie in den reichen Republiken und an den Höfen der Fürsten nicht nur gastliche Aufnahme fanden, sondern auch als Lehrer der griechischen Sprache und Literatur ehrenvolle Stellungen erlangten. Als endlich 1453 durch die Eroberung von Konstantinopel das seit langer Zeit schon im Todeskampfe befindliche oströmische oder byzantinische Reich dem Halbmonde erlag, wurde diese Flucht allgemeiner und in allen italienischen Städten von einiger Bedeutung ließen sich griechische Gelehrte als Lehrer nieder. Das Studinm der griechischen Schriftsteller des Alterthums, während des Mittelalters ganz verdrängt, wurde allgemein und verbreitete sich von Italien aus über alle Länder Europa's, zugleich aber auch das Studium der lateinischen Klassiker

und der Kunstdenkmäler des Alterthums. Griechische Formen wurden die Muster in der plastischen Kunst und für die Baukunst begann das die Gothik verdrängende Zeitalter der Renaissance. Das Papstthum zeigte sich anfangs günstig der neuen Aera, denn noch waren die Bettelmönchsorden nicht so mächtig, daß sie einen gebieterischen Einfluß auf die päpstliche Curie hatten. So begann denn in dieser Zeit auch neues Leben wieder auf dem Gebiete der Mathematik und Astronomie und Paola Toscanelli, geboren 1397 zu Florenz, eröffnete die Reihe der neuen Himmelsforscher. Er errichtete im Dom zu Florenz den berühmten Gnomon, d. h. eine Sonnenuhr, welche er zur Bestimmung des Sonnenwendepunktes benutzte, um die alphonsinischen Tafeln zu verbessern. Rühmenswerth ist, daß er ganz frei von astrologischem Aberglauben war; er verspottete die Astrologie, indem er anführte, sein Horoskop habe ihm einen frühen Tod prophezeiet und er habe doch ein hohes Alter erreicht.

Aber auch die Erdkunde hat ihm viel zu verdanken. Als eine unmittelbare Folge der Kreuzzüge, welche den Gesichtskreis der Völker des Abendlandes erweitert hatten, können wir das Bestreben betrachten, ferne Länder zu erforschen. Als das erste bedeutende Unternehmen dieser Art müssen wir die Reise des Venetianers Marco Polo betrachten, der, 1254 geboren, 1271 seinen Vater, einen angesehenen Nobili, und seine Brüder auf einer zu Handelszwecken unternommenen Reise zum Groß-Khan der Mongolen, Kublai, begleitete. Die Reisenden wurden vom Groß-Khan freundlich aufgenommen, besonders aber erwarb sich Marco Polo, der rasch die Landessprache sich angeeignet hatte, seine Gunst. Er wurde zu den wichtigsten Geschäften in dem von den Mongolen eroberten China gebraucht und zum Statthalter von Kiang-nan ernannt. Nur mit Widerstreben ertheilte Kublai ihm und seinen Verwandten die Erlaubniß zur Rückkehr nach Venedig. Mit einer Flotte, welche eine mongolische Prinzessin zur Vermählung mit einem persischen Prinzen nach dem persischen Meerbusen führte, fuhr er durch den indischen Ocean nach Ormus, dann verweilte er längere Zeit in Tauris und kehrte 1295 mit großen Reichthümern nach Venedig zurück, wo er längst für verschollen angesehen und nur mit Mühe wieder erkannt wurde. In seiner Vaterstadt erlangte er nun großes Ansehen. In einer Seeschlacht gegen die Genuesen gefangen genommen, soll er in der Gefangenschaft seine Reise beschrieben

haben. Viele seiner Angaben schienen fabelhaft zu sein. Obgleich nun ein nicht geringer Theil durch die Entdeckungsreisen der letzten hundert Jahre bestätigt ist, so bleibt doch so vieles Fabelhafte übrig, daß man glauben muß, daß ein späterer Verfasser nach Marco Polo's schriftlichen und mündlichen Ueberlieferungen die Reisebeschreibung zusammengestellt und aus Liebe zum Wunderbaren Fabelhafes hinzugefügt habe.

Zu Anfang des 15. Jahrhunderts erregte die Thätigkeit der Portugiesen die Aufmerksamkeit der italienischen Handelswelt. König Johann von Portugal, der Begründer des unächt-burgundischen Königshauses, eroberte 1415 Ceuta in Afrika, vergrößerte die Flotte und beschützte die Wissenschaften, welche von seinem vierten Sohne, dem Infanten Heinrich, genannt der Seefahrer, eifrig gepflegt wurden. Heinrich, geb. 1394, hatte schon als 19jähriger Jüngling an dem Zuge gegen Ceuta Theil genommen. Von Sagres, östlich vom Cap Vincente, der Südwestspitze Portugals aus, setzte er den Krieg gegen die Mauren in Afrika fort. Ihm verdankt Portugal die durch die Entdeckungen herbeigeführte freilich nur kurze Blüthezeit, in welcher es sich zur ersten Seemacht erhob. Er ahnte schon den Seeweg nach Ostindien um Afrika herum und begann daher die Entdeckungsfahrten an der Westküste dieses Erdtheils, zu deren Förderung er eine Sternwarte in Sagres erbauen und die jungen Edelleute in der Astronomie und Schiffahrtskunde unterrichten ließ. Auf seine Kosten rüstete er Schiffe zu Entdeckungsfahrten längs der Küsten der Berberei aus. Gonsalez Jarco und Tristan Vaz entdeckten Puerto Santo und 1418 Madeira. Ein anderes Geschwader unter Gilianez segelte um das Cap Nun und gelangte 1434 bis zu 30 Meilen südlich vom Cap Bogador. 1440 fuhren Gonsalez und Nuno Tristan bis zum Cap Blanco und Letzterer 1446 bis zum grünen Vorgebirge; 1448 entdeckte Gonsalez die Azoren. Auch nach Heinrichs 1465 erfolgtem Tode wurden diese Entdeckungsfahrten mit Eifer fortgesetzt; Handelsgesellschaften beuteten die Entdeckungen aus und gründeten Factoreien, die Anfänge der portugiesischen Colonien. 1482 wurden in Guinea Niederlassungen gegründet, 1486 wurde durch Bartholomäus Diaz das Vorgebirge der guten Hoffnung entdeckt und 1498 gelangte Vasco de Gama mit seiner Flotte bis nach Ostindien.

Nach dieser nothwendigen Abschweifung kehre ich zu Toscanelli zurück. Dieser theilte gewiß die nicht von Eifersucht freie Aufmerksamkeit,

mit welcher die Italiener die Entdeckungsfahrten der Portugiesen verfolgten. Er studirte daher eifrig die Reisen Marco Polo's, stieß aber dabei auf viele Angaben, welche er bezweifeln mußte. Deßhalb suchte er Belehrung bei tatarischen und chinesischen Kaufleuten, die in Handelsgeschäften nach Florenz gekommen waren, namentlich aber bei Nicolaus de Conti, der nach 25jährigem Aufenthalte in Hindostan nach Italien zurückgekehrt war. Auf Grund der fehlerhaften Angaben Marco Polo's über die ungeheure Größe des chinesischen Reiches und Indiens nach Osten berechnete er, daß der Weg von Lissabon westlich durch den Ocean bis nach Hang-tscheu-fu, der Hauptstadt der Provinz Tsche-kiang an der Ostküste China's nur 120 Längengrade betrage, während derselbe 230° beträgt. Er unterstützte daher die Pläne des weit jüngeren Columbus, der sich zuerst mit Empfehlungen von ihm, aber vergeblich, an den König von Portugal wandte, und starb, ohne die Entdeckung von Amerika zu erleben, 1482 in seiner Vaterstadt Florenz, 85 Jahre alt.

14. Capitel.

Deutsche Astronomen vor Kopernikus.

Toscanelli's nur vier Jahre jüngerer Schüler und langjähriger Freund und Mitarbeiter war Nicolaus de Cusa, eigentlich Nicolaus Krebs, aus Cues, einem kleinen Schifferdorfe an der Mosel, nahe Trier, gebürtig. Im Jahre 1401 als Sohn eines armen Schiffers geboren, entfloh er den Mißhandlungen seines Vaters und fand Aufnahme und Schutz bei einem Grafen von Manderscheid, der seine Talente erkannte und ihn auf die damals berühmte niederländische hohe Schule der Chorherren von Deventer brachte. Er studirte die Rechte und wurde schon im 23. Lebensjahre Doctor beider Rechte; doch entsagte er bald der Jurisprudenz und trat in den geistlichen Stand. Als Archidiakonus von Lüttich nahm er 1431 an dem Concil von Basel Theil, wo er sich dafür aussprach, daß das Concil über dem Papste stehe. Dennoch finden wir ihn bald darauf mit wichtigen Aufträgen der päpstlichen Curie betraut. So wurde er als päpstlicher Gesandter nach Constantinopel gesandt, um über die Vereinigung der lateinischen und griechischen Kirche zu verhandeln, und bald darauf zum Bischof von Brixen und zum Cardinal ernannt, als welcher

er 1448 die deutschen Fürsten zum Kriege gegen Sultan Muhammed II zu bewegen suchte. Erzherzog Sigismund von Oesterreich nahm ihn später wegen Streitigkeiten mit Mönchen in seiner Diöcese gefangen. Nach seiner Freilassung ging er nach Italien und starb zu Todi in Umbrien 1464. Cusa ist in seinen Ansichten über die Stellung der Erde zur Sonne nicht frei von mystischen Ideen, lehrte aber, daß die Erde sich bewege, jedoch war ihm nicht klar geworden, in welcher Weise dies geschehe.

In diese Zeit fällt die Gründung der ersten Universitäten Deutschlands. 1348 wurde die Universität Prag gegründet, 1365 die zu Wien, wo gleich anfangs Mathematik und Naturwissenschaften, namentlich die Astronomie eine günstige Pflegstätte fanden. Der erste bedeutende Lehrer der Astronomie und Astrologie in Wien war Johann von Gmünden, nach seiner Vaterstadt in Niederöstereich so benannt, der 1442 als Vicekanzler der Universität starb. Ihm verdanken wir verbesserte Tafeln über die Bewegungen der Planeten und die Sonnen- und Mondfinsternisse und eine Schrift über die Anfertigung eines Astrolabiums. Sein Schüler und Nachfolger in der Wiener Professur, Georg Purbach oder Peuerbach, wurde 1423 zu Peuerbach in Oberösterreich geboren und kann wegen seiner Bearbeitung der sechs ersten Bücher des Ptolemäischen Almagests als der Wiederhersteller der astronomischen Wissenschaft in jener Zeit betrachtet werden. Zu seinen Berechnungen fertigte er sich eine Sinustafel von 10 zu 10 Minuten für den Halbmesser 600000 an. In seinem Hauptwerke, der Theorie der Planeten, führte er die alten Sphären des Aristoteles wieder ein, denen er jedoch eine so bedeutende Dicke gab, daß die Planeten, innerhalb einer solchen Kugelschale sich bewegend, ihren Abstand von der Erde verändern konnten. Als er sich vorbereitete, der Einladung des Cardinals Bessarion nach Italien zu folgen, starb er plötzlich in Wien am 8. April 1462, beinahe 39 Jahre alt.

Noch berühmter wurde sein Schüler Johann Müller, lat. *Molitor*, nach seiner Vaterstadt Königsberg bei Koburg auch Kunsberg, gewöhnlich aber mit der lateinischen Uebersetzung dieses Namens *Regiomontanus* genannt. Geboren 1436, besuchte er seit 1448 die lateinische Schule und dann die Universität zu Leipzig und ging 1457 nach Wien, um unter Purbachs Leitung Mathematik und Astronomie zu studiren. 1466 reiste er mit dem Cardinal Bessarion nach Rom, wo er

Griechisch lernte und kehrte 1468 als Professor der Mathematik nach Wien zurück. Bald darauf berief ihn König Matthias Corvinus nach Raab, aber die kurze Zeit darauf in Ungarn ausbrechenden Unruhen bewogen ihn, seinen Wohnsitz in Nürnberg zu nehmen. Nürnberg, das Juwel der deutschen Städte, stand zu jener Zeit in seiner höchsten Blüthe; sein Handel erstreckte sich bis in die entferntesten Länder und schon damals sagte das Sprichwort: »Nürnberger Tand geht durch das ganze Land.« Die reich gewordenen Bürger vergruben ihre Schätze nicht; davon zeugen noch heute die herrlichen Bauten, welche aus dem 15. Jahrhundert stammen. Aber mit der Gewerbethätigkeit blüheten auch die Künste, und Bildhauer, Maler, Architekten, Holzschneider, Kupferstecher, Gold- und Silberarbeiter fanden zahlreiche Beschäftigung, sowohl für die reichen Patrizier der Stadt, als auch für Fürsten und Herren außerhalb derselben. Zahlreiche Erfindungen wurden hier gemacht; die Buchdruckerkunst wanderte bald nach ihrer Erfindung hierher und erlangte durch die Bemühungen Anton Coburgers eine solche Ausdehnung, daß seine Druckerei mit 24 Pressen kaum den Anforderungen genügte. Coburger gründete noch 14 Filialanstalten und Factoreien in den größeren Städten von Danzig bis Lyon, von Amsterdam bis Venedig, und der gelehrte Pistorius war sein Corrector. Die Coburger Drucke wurden durch die Schönheit der Schrift und auch der Holzschnitte, so wie durch ihre Correctheit berühmt. — Der bedeutendste Mann Nürnbergs zur Zeit, als Regiomontanus nach Nürnberg kam, war Martin Behaim, ein schon vielgereister Mann, der sich später an den portugiesischen Entdeckungsreisen betheiligte, von König Johann II zum Ritter ernannt wurde und nach seiner Rückkehr den berühmten Globus verfertigte, der jetzt noch in Nürnberg gezeigt wird. Als Regiomontanus im Frühjahr 1471, im Geburtsjahr Albrecht Dürers, nach Nürnberg kam, schloß sich der reiche Patrizier und Rathsherr Bernhard Walter als Freund und Schüler an ihn an. Auf seinem Hause in der Rosengasse errichtete er eine Sternwarte, für deren Ausstattung er keine Opfer scheuete. Die verschiedenen Instrumente gingen aus Nürnbergs Werkstätten hervor; da aber diese nicht immer genügten, und auch Coburger den schwierigen Druck der Tabellen mit bisher nicht vorgekommenen mathematischen Zeichen nicht ausführen konnte, so errichtete Walter selbst unter Regiomontanus Leitung eine Druckerei und eine

mechanische Werkstätte, in welcher Globen, Compasse, Brennspiegel und andere Instrumente, auch für den Versand, angefertigt wurden. In dieser neuen Druckerei erschien nun von Regiomontanus ein Werk über die Planetentheorie und ein Kalender, dann 1473 sein 33jähriger Kalender, lateinisch unter dem Titel: «Ephemerides, quas vulgo vocant Almanach ad triginta tres annos futuros», deutsch unter dem Titel: »Der deutsche Kalender von Johann von Kungsberg.« Dieses dem Könige Matthias Corvinus gewidmete Werk kündigte für die einzelnen Tage der 33 folgenden Jahre die Stellung des Mondes zur Sonne, die Stellungen der Planeten und außerdem die vorkommenden Verfinsterungen an und hat dem Columbus so wie den portugiesischen Entdeckern große Dienste geleistet. Dieser Kalender machte so großes Aufsehen, daß Papst Sixtus V den Verfasser nach Rom berief, um an einer beabsichtigten Verbesserung des Kalenders mitzuarbeiten. Hier starb er, erst 40 Jahre alt, im Jahre 1476. Walter setzte die Beobachtungen auf seiner Warte, welche wir die erste deutsche Sternwarte nennen müssen, noch bis zu seinem 1504 erfolgten Tode fort, doch hütete er mit einer gewissen Geheimnißkrämerei seine Beobachtungen, die nach seinem Tode verloren gegangen sein würden, wenn nicht Wilibald Pirkheimer, Dürers Freund, deren Ankauf durch die Stadt Nürnberg durchgesetzt hätte.

Zu den wichtigsten Beobachtungen, welche Regiomontanus auf Walters Sternwarte ausführte, gehören die des Kometen von 1472, der am 21. Januar der Erde so nahe kam, daß er in einer Nacht am Himmel um 40° sich fortbewegte. Sie sind die ersten wissenschaftlichen Beobachtungen, aus denen Laugier neuerdings die Bahn berechnet hat. Seine Planetenbeobachtungen zeigten die Fehlerhaftigkeit der Berechnungsmethode, doch starb er zu früh, um die Ursachen ermitteln zu können. Purbach und Regiomontan verdanken wir die Einführung der arabischen Ziffern bei größeren Berechnungen, doch hielt sich noch lange der Gebrauch der römischen Ziffern, die im Hauptbuche des französischen Staatshaushaltes bis zur Revolution in Geltung blieben.

Regiomontanus hat in der Wissenschaft Neues nicht geschaffen, aber das Vorhandene gelichtet und es hierdurch seinem großen Nachfolger Kopernikus ermöglicht, das bisherige falsche System umzustürzen und ein neues, richtigeres an dessen Stelle zu setzen.

Nach Regiomontanus und Walter wurde die Astronomie in Nürnberg gepflegt durch Johann Schoner, Professor der Mathematik an dem auf Melanchthons und Pirkheimers Rath gegründeten Gymnasium, und durch seinen Sohn Andreas, der neue Ausgaben von Regiomontanus Werken besorgte und 1590 starb. Auch ist noch der Prediger Werner in Nürnberg zu erwähnen, ein ausgezeichneter Mathematiker und Astronom, welcher ein Werk über Kegelschnitte schrieb. Conrad Heinfogel gab die erste in Europa erschienene Sternkarte heraus, zu welcher Albrecht Dürer die Sternbildfiguren zeichnete.

Den Beschluß der Zeit vor Kopernikus bildet der Sachse Peter Bienwitz oder Apianus, welcher 1495 zu Leisnig bei Leipzig geboren, zwar jünger als Kopernikus war, doch seine schriftstellerische Thätigkeit vor dem erst 1543 erschienenen Werke des Kopernikus ausübte. Er wurde Professor der mathematischen Wissenschaften an der Universität Ingolstadt und war einer der geschicktesten Uhrmacher seiner Zeit. Er entdeckte 1531 den bei seiner Wiederkehr nach Halley benannten Kometen. Für den Kaiser Karl V, bei dem er in großer Gunst stand, verfertigte er sein «Astronomicon Caesareum», ein höchst kunstvolles Planetarium nach dem Ptolemäischen System, das selbst Kepler noch bewunderte. Auch schlug er vor, die Monddistancen zur Bestimmung der geographischen Länge auf der See zu benutzen.

Blicken wir auf die Geschichte der Astronomie im Mittelalter zurück, so finden wir, daß an dem Ptolemäischen System nicht gerüttelt worden, sondern daß man nur bemühet gewesen ist, die aus der Unrichtigkeit desselben entspringenden Fehler zu verbessern. Dem Fortschritte, d. h. der Annahme, daß die Erde sich um die Sonne bewege, trat hauptsächlich die als unumstößlich geltende Ansicht entgegen, daß die Atmosphäre allgemeine Weltluft sei, daß diese daher, wenn die Erde sich bewege, zurückbleiben müsse. Meint doch noch Regiomontanus, daß die Vögel das Nest, von dem sie ausgeflogen, nicht wieder finden könnten, denn unterdessen würde die Erde weit weg gerückt sein.

15. Capitel.

Das Zeitalter des Kopernikus.

Das Ptolemäische System hatte fünfzehn Jahrhunderte geherrscht, ohne daß man gewagt hatte, an demselben zu rütteln. Da wurde es

fast gleichzeitig mit der durch Luther hervorgerufenen Reformation auf kirchlichem Gebiete von einem deutschen Astronomen umgestoßen und damit der Forschung auf dem Gebiete der Astronomie eine Bahn gebrochen, welche unaufhaltsam bis auf unsere Zeiten die größten Siege geistiger Errungenschaft zur Folge gehabt hat.

Nicolaus Kopernikus, eigentlich Kopernik, wurde am 19. Februar 1473 zu Thorn geboren. Die Polen behaupten, daß er polnischer Abkunft gewesen, allein dagegen spricht, daß Thorn, 1232 vom Landmeister Hermann Balk gegründet, eine rein deutsche Stadt war, welche selbst nach der Niederlage des deutschen Ordens bei Tanneberg am 15. Juli 1416, durch welche der Orden den größten Theil von Süd- und Westpreußen verlor, noch bis 1466, also bis zum 7. Jahre vor der Geburt des Kopernikus beim Orden verblieb. In diesen auf slavischen Gebieten erbauten Städten des deutschen Ordens wohnten wohl zeitweise polnische Adelsfamilien und war ein Theil des Gesindes polnischer Abkunft, die Bürger aber waren Deutsche. Für die deutsche Abkunft des Kopernikus zeugt aber auch der Geburtsname seiner Mutter: Waißelrodt, deren Bruder Bischof von Ermeland war. Noch ist zu erwähnen, daß durch den Thorner Frieden, durch welchen Thorn an Polen kam, dieser Stadt alle die Rechte gewahrt wurden, welche eine freie deutsche Reichsstadt besaß. Schon seit dem Ende des 14. Jahrhunderts ist eine begüterte Familie Koppernigk in Thorn nachweisbar, also früher, als die Stadt unter polnische Oberhoheit kam, so daß die deutsche Abkunft unseres Kopernikus nicht bezweifelt werden kann. Nachdem er auf der Universität Krakau Medicin, zugleich aber auch Mathematik und Astronomie studirt hatte, bezog er 1496, 23 Jahre alt, die berühmte Universität Bologna und folgte darauf einem Rufe als Professor der Mathematik nach Rom. Aber nur kurze Zeit verweilte er hier, denn sein schon erwähnter Oheim, der Bischof Lucas Waißelrodt von Ermeland, verlieh ihm an der Domkirche zu Frauenburg ein Canonicat. Auch Frauenburg, eine Stadt im heutigen Regierungsbezirk Königsberg, war damals eine rein deutsche Stadt, und das Domstift würde sich wohl gehütet haben, in einer Zeit, wo der langjährige Kampf des deutschen Ordens kaum beendigt war, einen Polen zum Bischof oder Stiftsherrn zu wählen. Die Canonici, Stifts- oder Domherren, Geistliche ohne Mönchsgelübde, waren nur verpflichtet, nach den *Canones*, d. h. den geistlichen Vor-

schriften und Regeln genau zu leben und unter dem Vorsitze des Bischofs oder Stiftsoberen Capitel zu halten, d. h. die Stiftsangelegenheiten zu berathen. War ein solches Stift mit der Kathedrale des Bisthums verbunden, so hieß es Domstift, sonst Collegiatstift. Diese Stiftungen arteten in ein reines Pfründenwesen für die jüngeren Söhne der Adelsfamilien oder für Gelehrte aus, so daß die Domherren oder Canonici nur zuweilen den Priesterrock anzogen, eine Messe lasen oder an der Capitel-Versammlung Theil nahmen. Die Pfründe zu Frauenburg gewährte Kopernikus Zeit und Mittel, ohne alle Beinträchtigung durch Amts- oder Nahrungssorgen das begonnene Studium der Astronomie fortzusetzen.

Schon im Jahre 1507 hatte Kopernikus die Ueberzeugung gewonnen, daß die Berechnung der Bewegung der Himmelskörper vereinfacht werden müsse, wenn man es aufgebe, die Erde als den ruhenden Mittelpunkt der Welt zu betrachten. Jahrelange Beobachtungen und Berechnungen bestätigten seine Ansicht, und auf Grund dieser Forschungen stellte er in einer Schrift: «*De orbium coelestium revolutionibus*» seine neue Theorie über das Weltgebäude auf, welche zum Unterschiede von der bisher allgemein angenommenen Ptolemäischen oder geocentrischen, weil die Erde Mittelpunkt ist, die heliocentrische genannt wird, weil in dieser die Sonne als Mittelpunkt der Welt angenommen wird.

Die Theorie des Kopernikus läßt sich in folgenden zwei Sätzen zusammenstellen:

1) Die Planeten bewegen sich um die Sonne als gemeinschaftlichen Mittelpunkt.
2) Die Erde ist einer der Planeten der Sonne.

Das Erstere, die Bewegung der Planeten um die Sonne, war schon von einzelnen Astronomen des Alterthums geahnt und war eigentlich nur eine Vereinfachung der Ptolemäischen Theorie, in welcher sie schon versteckter Weise enthalten war. Kopernikus schmolz gleichsam die imaginären Bahnen der Epicykeln in die wirkliche Sonnenbahn zusammen, wodurch mit einem Schlage sämmtliche Planetenbahnen in ihrer wirklichen Ordnung vorlagen. Weit wichtiger war daher der zweite Satz des Kopernikus, durch welchen er das Verhältniß der Sonne zur Erde umkehrte, und in der Erde einen Planeten, in den Planeten Erden sah, die gegenüber der gänzlich verschiedenen

Sonne eine gemeinschaftliche Klasse von Himmelskörpern bilden. Dadurch wurden die vielen Bewegungen, welche das alte System annehmen mußte, die aber alle nur ungenügend waren, — Kepler zählt nicht weniger als 11 auf, — durch drei Bewegungen der Erde erklärt, indem er: im täglichen Auf- und Untergehen der Gestirne die Axendrehung, im jährlichen Fortrücken der Sonne über den Fixsternhimmel den Umlauf der Erde um die Sonne, endlich in der langsamen Verschiebung der Sterne oder in dem Vorrücken der Tag- und Nachtgleiche eine allmähliche Verrückung der Erdaxe sah. — Jahre des eifrigsten Fleißes wandte Kopernikus an, um durch neue Beobachtungen seine Theorie zu bestätigen, und erst 1543 erschien sein Werk gedruckt zu Nürnberg. Sein Freund, welcher den Druck besorgte, hatte auf dem Titel die neue Theorie eine Hypothese genannt, damit das dem Papste Paul III gewidmete Werk nicht Anstoß erregen sollte. Auf dem Todtenbette erhielt Kopernikus das erste Exemplar; er verwunderte sich über die Veränderung des Titels und starb wenige Stunden darauf am 19. Mai 1543 in einem Alter von 70 Jahren.

Wenn die Hölle aufgerührt worden wäre, so hätte kein größerer Lärm entstehen können, als durch diese Schrift des Kopernikus. Denn der Papst verdammte diese neue Theorie als ketzerisch, weil sie der Bibel widerspreche, nach welcher Josua der sich bewegenden Sonne befohlen habe, still zu stehen. Es war aber auch die Lehre des Kopernikus ein eben so wuchtiger Angriff auf das Papstthum, wie Luthers Reformation; denn indem die Erde, bisher der bevorzugte Körper und Mittelpunkt der ganzen Welt, zu einem ganz gewöhnlichen Planeten degradirt wurde, dem die Venus an Größe fast gleich ist, den Jupiter und Saturn an Größe weit übertreffen, so wurde auch gegen die Anmaßung, daß der Papst als Statthalter Gottes auf Erden das bevorzugteste Wesen nächst Gott sei, ein gewaltiger Stoß ausgeführt.

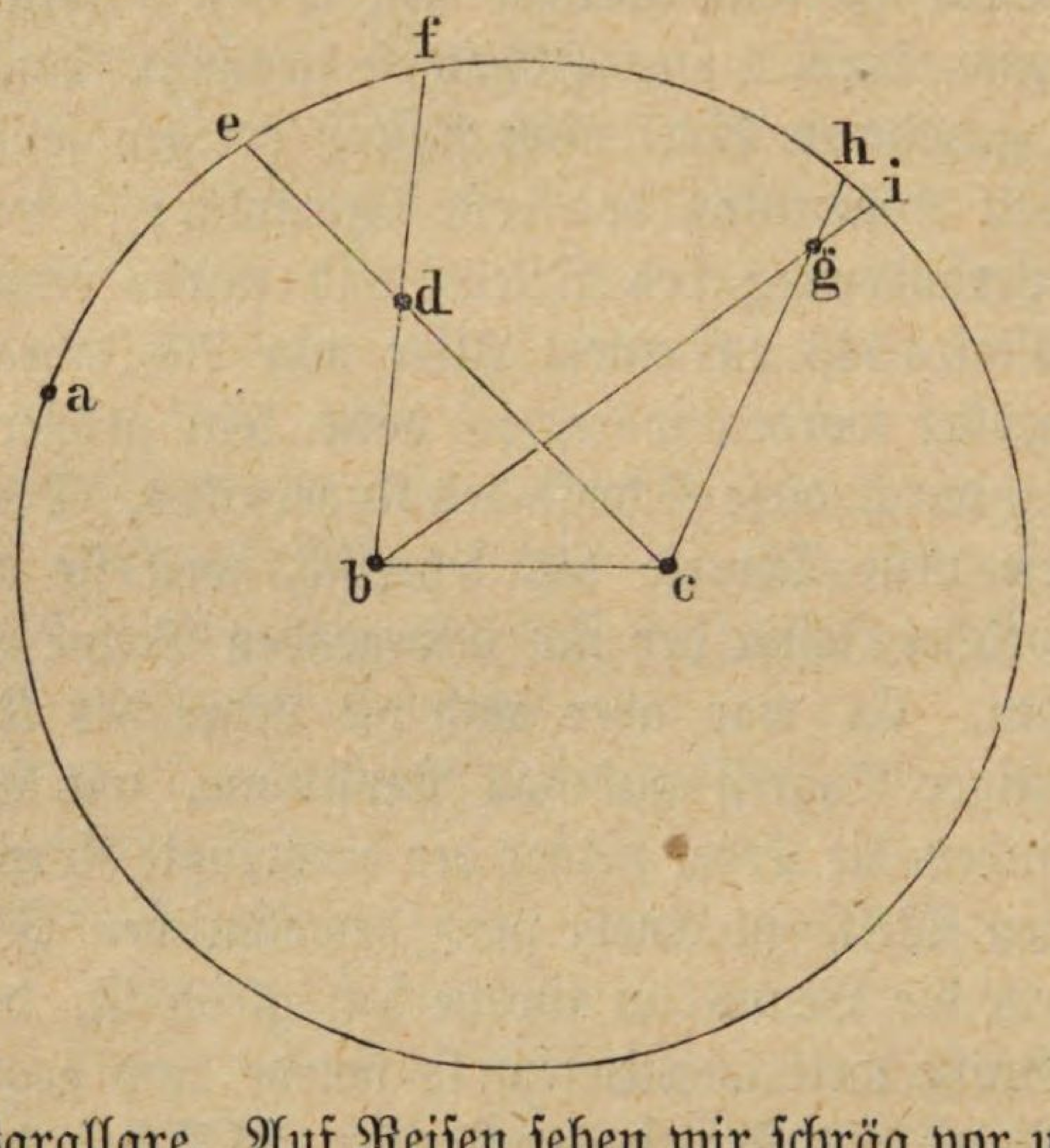
Was Kopernikus gethan, war nur der Anfang einer Lösung von Problemen, welche erst erfolgen konnte, nachdem die Meßinstrumente verbessert waren, denn es ist wohl daran zu erinnern, daß Kopernikus weder ein Fernrohr, noch eine Pendeluhr besaß. Der Haupteinwurf, daß die Fixsterne eine Parallaxe zeigen müßten, ist erst nach drei Jahrhunderten durch deren Ermittelung beseitigt.

2. Schaltcapitel.

Von der Parallaxe.

Das griechische Wort παράλλαξις bezeichnet: Veränderung, Unterschied. Unter Parallaxe versteht man den Unterschied der Lage eines von zwei verschiedenen Punkten aus gesehenen Gegenstandes. Betrachten wir einen Gegenstand im Freien, eine Mühle, einen Baum, einen Thurm, von zwei verschiedenen Standpunkten aus, so wird derselbe uns vor je einem andern Punkte des Horizontes erscheinen. Ist a (Fig. 8) der durch die Richtung der Magnetnadel gegebene Anfangspunkt des Horizontes, so erscheint der Punkt d, von b aus gesehen, in f, gemessen durch den Bogen af der Boussole, von c aus gesehen in e, gemessen durch ae, so daß ef der Unterschied der Lage oder des scheinbaren Ortes von d, oder die irdische Parallaxe von d ist. Für den entfernteren Punkt g ist die Parallaxe hi kleiner, woraus sich ergiebt: je entfernter der Gegenstand, desto kleiner die Parallaxe.

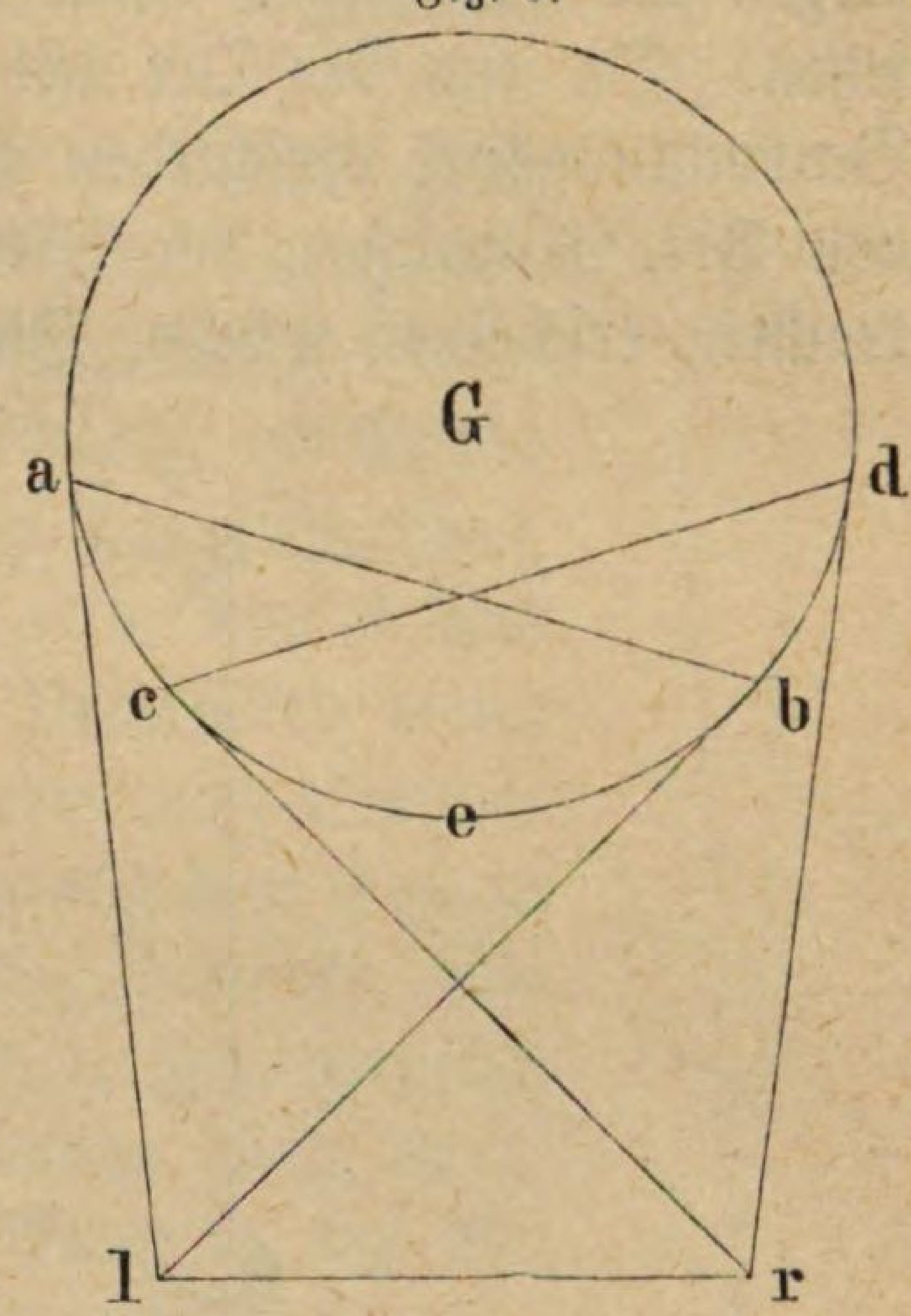
Fig. 8.



Auf Reisen sehen wir schräg vor uns einen Gegenstand; bald liegt er uns zur Seite, bald schräg hinter uns, und wir schließen daraus auf seine geringe Entfernung, während wir einen sehr langen Weg zurücklegen müssen, ehe dieselbe Veränderung der Lage bei einem entfernten Berge eintritt. Man könnte auch von einer Augenparallaxe sprechen. Hält man ein dünnes Stäbchen in einer Entfernung von 10—12 Zoll vertical vor das Auge und richtet es so, daß es mit einem Auge betrachtet, während das andere geschlossen ist, den Stab eines Fensters oder eine Lichtflamme deckt, so wird das Stäbchen, mit dem andern Auge betrachtet, zur Seite gerückt erscheinen. Zielt man zuerst mit

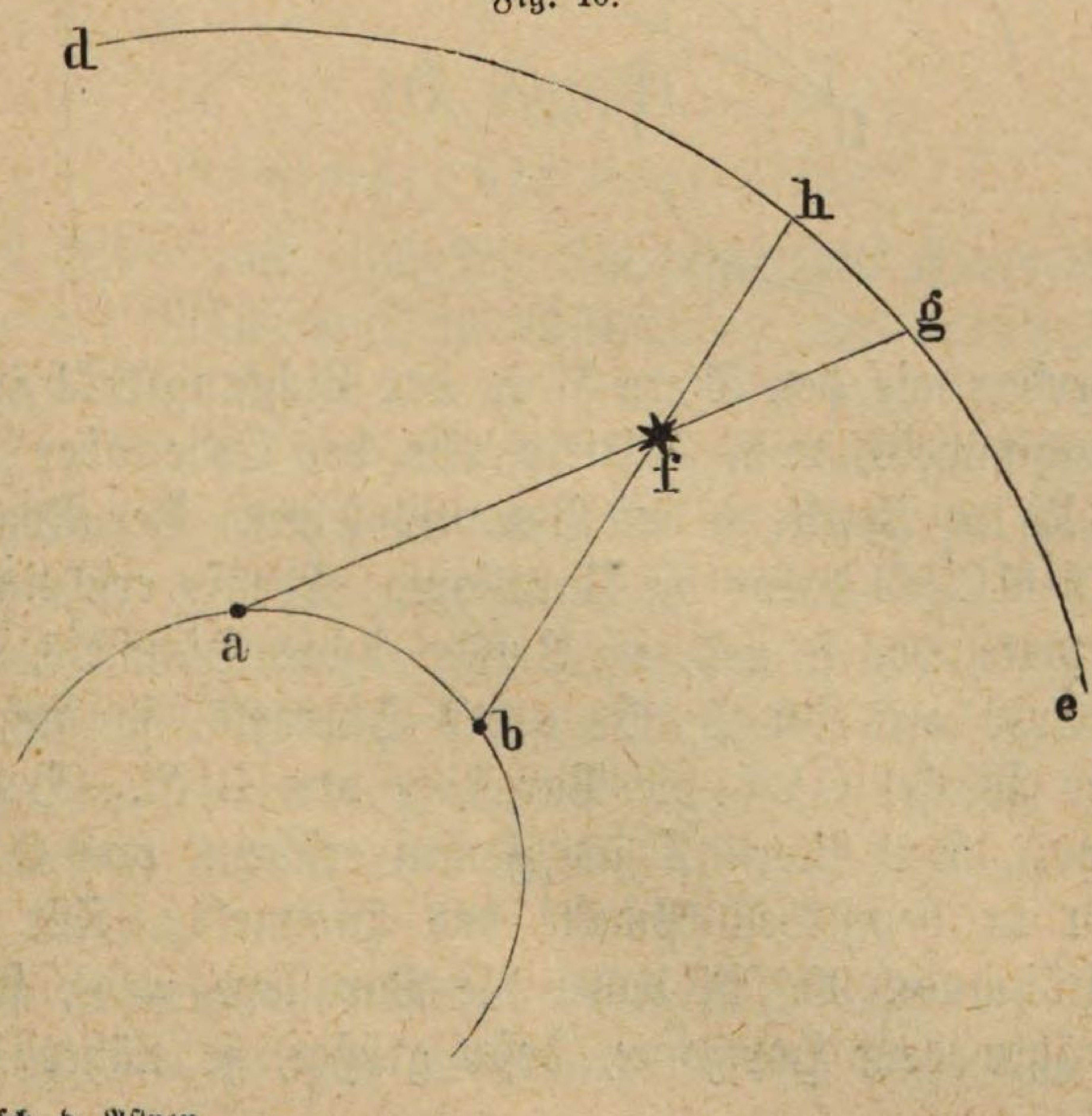
beiden Augen, verschließt dann nach einander das eine und das andere, so wird bei dem einen Auge die Lage unverändert bleiben, bei dem andern Auge nicht. Wenn wir daher mit beiden Augen sehen, so bestimmt nur das eine Auge, gewöhnlich das stärkere, die Richtung, das andere unterstützt die Beurtheilung des Körperlichen und der Entfernung. Wenn l und r (Fig. 9) die Mittelpunkte der beiden Augen vorstellen, mit denen die Kugel G betrachtet wird, so wird das linke Auge das Kugelsegment aeb, das rechte das Kugelsegment ced sehen. Das Bild der Kugel ist daher für jedes Auge ein anderes. Hierauf beruhet die Einrichtung der Stereoskopen, Zeichnungen oder Photographien für jedes einzelne Auge, welche gleichzeitig durch zwei Röhren durch jedes Auge erblickt werden.

Fig. 9.



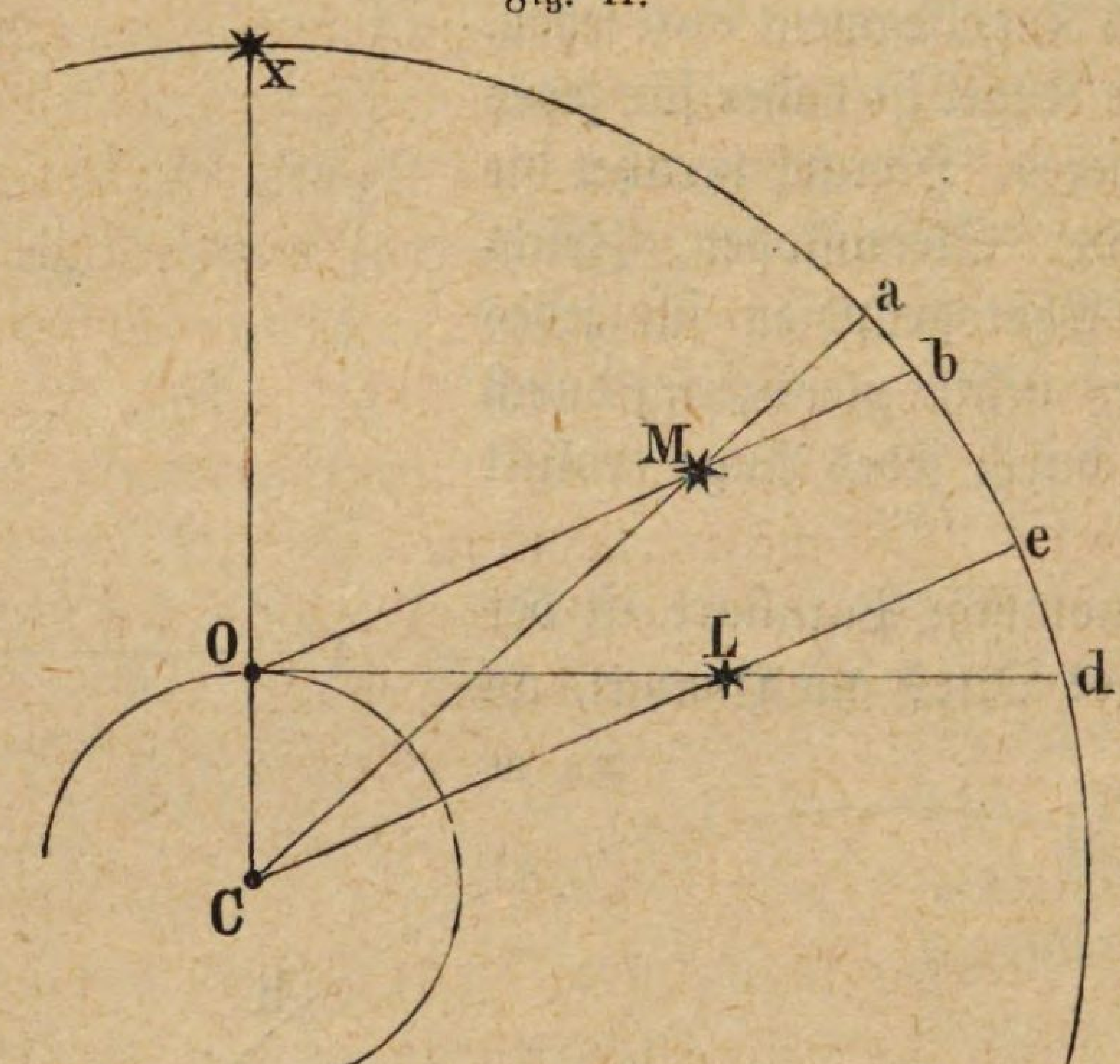
Die astronomische Parallaxe ist der Unterschied des Ortes am Himmel, an

Fig. 10.



welchem ein Stern, von zwei verschiedenen Punkten der Erde a und b (Fig. 10 auf voriger S.) gleichzeitig betrachtet, gesehen wird. Von a aus erblickt man den Stern f im Punkte g des Himmelsgewölbes de, von b aus in h, folglich ist hg die Parallaxe des Sternes f, wegen der unendlichen Entfernung von de dem Winkel afb gleich zu setzen. Da nun der Ort des Mondes oder der Planeten für jeden Beobachtungsort verschieden ist, so reducirt man die Beobachtung auf den Ort, in welchem der Stern, vom Mittelpunkte der Erde aus betrachtet, erscheinen würde. Ist O (Fig. 11) unser Standpunkt auf der

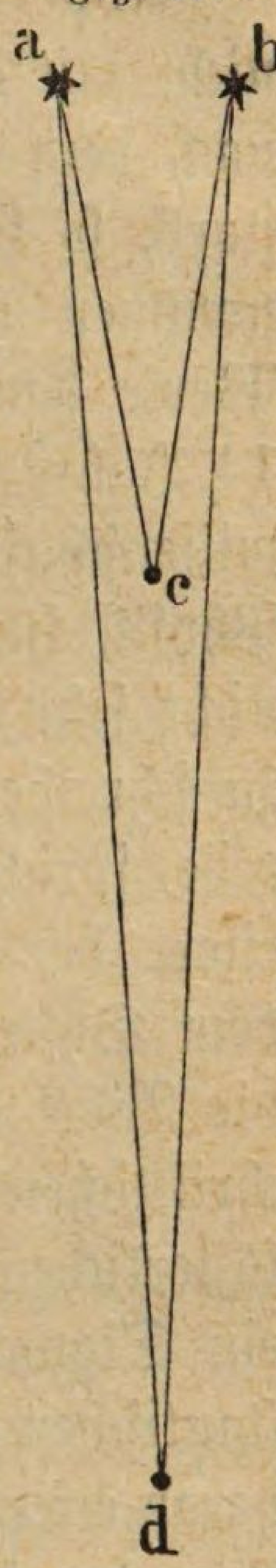
Fig. 11.



Erde, so werden wir den Stern M in der Richtung OM im Punkte b des Sternenhimmels, vom Mittelpunkte der Erde aber aus in der Richtung CM im Punkte a des Himmels sehen. Der Bogen ab oder der Winkel OMC ist daher die Parallaxe. Ebenso erscheint der Stern L im Horizonte, von O aus, im Punkte d des Himmels, vom Mittelpunkt der Erde aus im Punkte e des Himmels, so daß der Bogen ed oder der Winkel OLC die Parallaxe von L ist. (Horizontal-Parallaxe.) Der Stern X im Zenith erscheint von O und von C aus gesehen in demselben Punkte des Himmels. Für das Zenith oder eine Höhe von 90° ist daher die Parallaxe = 0, für denselben Stern je näher dem Horizonte, desto größer, je näher dem Zenith,

desto geringer. Je näher der Stern der Erde, desto größer, je entfernter, desto kleiner ist seine Parallaxe. Jeder sieht den Mond, die Planeten, die Sonne niedriger, als man diese vom Mittelpunkte der Erde aus erblicken würde. Die Parallaxe der Sonne wird im Mittel zu 8,5″ angegeben, die des Mondes ist ungefähr 1°.

Fig. 12.



Für die Fixsterne gilt gewöhnlich die Parallaxe gleich Null. Beobachtet man aber den Abstand zweier Fixsterne a u. b (Fig. 12) von zwei entgegengesetzten Punkten der Erdbahn oder Ekliptik c und d, deren Entfernung im Mittel 41,4 Millionen Meilen beträgt, so erscheint ihre Entfernung von c aus unter dem größeren Winkel acb, von d aus unter dem kleineren Winkel adb. Der Unterschied dieser Winkel oder der Entfernungen dieser Sterne von einander ist ihre Parallaxe. Sie ist als nothwendig aus dem System des Kopernikus sich ergebend fast drei Jahrhunderte hindurch vergeblich von den Astronomen zu messen versucht, bis, wie später im 38. Capitel gezeigt werden wird, durch Verbesserung der Instrumente und der Methode der Beobachtungen sie endlich nachgewiesen worden ist.

16. Capitel.

Nachfolger des Kopernikus.

Einer der ersten und eifrigsten Anhänger des Kopernikus wurde der Professor der Mathematik in Wittenberg, Erasmus Reinhold, geb. 1511, gest. 1583, dessen bedeutendstes Werk seine 1551 erschienenen Prutenischen Tafeln sind, auf längere Zeit die besten Tafeln über die Stellung der Planeten und des Mondes, so benannt, weil er sie dem Herzog Albrecht von Preußen dedicirt hat. *Prutenia* ist ein lateinischer Name für Preußen, welcher nach einem altpreußischen Gotte alles Geflügels Pruten, auch Schweibrat, gebildet ist. — Reinhold floh von Wittenberg, um der Pest zu entrinnen, nach seiner Vaterstadt Saalfeld, wurde aber bald nach seiner Ankunft daselbst ein Opfer dieser Seuche.

Weil eben Wittenberg erwähnt worden, so liegt die Frage nahe, welche Stellung die dortigen Reformatoren und Theologen zur Lehre

des Kopernikus nahmen. Da Luther, der überhaupt wenig oder gar nicht mit Naturwissenschaften sich beschäftigt hat, schon im dritten Jahre nach dem Erscheinen des Werkes des Kopernikus (am 18. Febr. 1546) starb, so konnte er bei seinen vielen Geschäften kaum davon Notiz genommen haben, um so mehr, als die Verbreitung wissenschaftlicher Werke damals nur eine langsame war. Melanchthon aber, der erst 14 Jahre nach Luther starb, hatte mehr Kenntnisse in den Naturwissenschaften erworben und sogar ein Buch: »Anfangsgründe der Physik, für die akademische Jugend,« geschrieben. Auch wurde er von nicht sehr bekannten Schriftstellern ersucht, für ihre Schriften Vorreden zu schreiben, um besseren Absatz zu bewirken. In einer solchen Vorrede spricht sich Melanchthon gegen Kopernikus aus und besonders eifert der sonst als milde bekannte Mann gegen die Folgerung aus dem System des Kopernikus, daß es mehr als eine Welt gebe, denn die Bibel lehre, daß es nur eine Welt gebe. Deßhalb fordert er die christlichen Obrigkeiten zur Verfolgung und Ausrottung dieser gotteslästerlichen Lehre, selbst mit den schärfsten Mitteln, auf. Das war ein Signal, daß nicht nur die katholischen, sondern auch die protestantischen Theologen gegen die Kopernikanische Lehre von den Kanzeln herab eiferten. Wie die Unduldsamkeit sich der protestantischen Universitäten bemächtigte, so nahm der Jesuitenorden Besitz von den katholischen Hochschulen. Dann verödete der dreißigjährige Krieg die Hörsäle der meisten Universitäten. Und dennoch sollte in dieser Zeit des Elendes unseres Vaterlandes und des Verfalles aller übrigen Wissenschaften gerade die Astronomie durch einzelne Deutsche mächtig gefördert werden.

Zunächst sind zwei deutsche Fürsten zu nennen, welche in dieser Zeit des Elends und des Jammers der Astronomie Schutz und Pflege angedeihen ließen.

Landgraf Wilhelm von Hessen, Sohn Philipps des Großmüthigen, des Bundesgenossen Friedrichs des Weisen, betrieb schon als Erbprinz das Studium der Astronomie und ließ auf dem Zwehrenthore zu Kassel eine Sternwarte mit einer Drehkuppel erbauen und mit Instrumenten versehen. Diese Sternwarte ist, wenn wir die Walter'sche in Nürnberg als die erste annehmen, die zweite in Deutschland. Auf dieser beobachtete Wilhelm, der den Beinamen des Weisen von seinen Zeitgenossen erhielt, von 1561—67 ohne Gehülfen. In letzterem Jahre zur Regierung gelangt, berief er als Gehülfen einen

der ersten Anhänger des Kopernikus, Wilhelm Rothmann, dann Jacob Christmann, der nach Erfindung des Fernrohrs eine Abhandlung über die Jupitersmonde schrieb, und endlich Justus Byrg, einen ausgezeichneten Mechaniker, der die Logarithmen zuerst erfunden, aber geheim gehalten haben soll. Allein nach dem 1592 erfolgten Tode des Landgrafen ging auch die Kasseler Sternwarte bald wieder ein.

Der zweite die Astronomie beschützende und fördernde Fürst ist König Friedrich II von Dänemark aus dem deutschen Fürstengeschlechte Oldenburg, der von 1559—1588 regierte. Obgleich er nicht selbst die Astronomie pflegte, so setzte er doch durch Erbauung der Uranienburg Tycho in Stand, durch eine Reihe der ausgezeichnetsten Beobachtungen vorzubereiten, was später Kepler ausführte.

17. Capitel.

Tycho de Brahe.

Tycho, oder eigentlich Tygen, stammte von dem alten und angesehenen Geschlechte der Brahe, welches in Schweden und Dänemark begütert war. Das Stammhaus: Brahehus ist noch in Ruinen auf einem Berge bei Grenna am östlichen Ufer des Wettersees vorhanden. Gegen den Willen seines Vaters Otto erzog ihn sein kinderloser Oheim Jürgen de Brahe für die wissenschaftliche Laufbahn. Als 14jähriger Jüngling beobachtete er zu Kopenhagen eine Sonnenfinsterniß: der Eindruck war so mächtig, daß er sich fortan dem Studium der Astronomie widmete, die er nebst der Chemie zu Rostock, Leipzig und Augsburg studirte.*) Sein Oheim mütterlicher Seits, Steen Bilde, ließ ihm zu Heeritzwalde unweit Knudstrop eine Sternwarte einrichten, wo Tycho am 11. November 1572 einen neuen hellen Stern im Sternbilde der Kassiopeja entdeckte, der aber 1574 wieder verschwand und nie wieder sichtbar geworden ist.

Wie Hipparch durch einen neuen Stern veranlaßt wurde, ein Sternenverzeichniß zu geben, so bewog Tycho die Erscheinung dieses Sternes, der an Glanz der Venus gleich kam, zur Anfertigung eines

*) In Rostock gerieth er bei einem Hochzeitsfeste mit einem andern dänischen Edelmanne in Streit, der am 29. December 1566 ein Duell zur Folge hatte, in welchem ihm ein Theil seiner Nase abgehauen wurde, den er durch eine silberne Nase ergänzte.

Sternen-Katalogs zu schreiten, in welchem nach besseren Methoden die genaue Lage jedes Sternes angegeben wurde. Dazu bedurfte er aber auch besserer Instrumente. Er reiste daher nach Kassel und verweilte längere Zeit bei dem Landgrafen Wilhelm. Dort entschloß er sich, in Basel sich niederzulassen, aber der Landgraf schrieb an den König von Dänemark, er möge doch seinem Vaterlande ein so seltenes Talent erhalten. Hierauf rief ihn Friedrich II zurück und erkannte bald den Werth dieses Mannes. Auf sein Ersuchen mußte Tycho in Kopenhagen eine Reihe von Vorlesungen über Sternkunde halten, welche ihm zahlreiche und einflußreiche Gönner verschafften. Friedrich II, der aufmerksam diesen Vorlesungen beigewohnt hatte, setzte ihm ein angesehenes Jahrgehalt aus und schenkte ihm auf Lebenszeit die Insel Hveen im Sunde, 4 Meilen nördlich von Kopenhagen und 3 Meilen südlich vom schwedischen Helsingoer, damit Tycho hier eine seinen Ideen entsprechende Sternwarte erbaue und mit den besten Instrumenten ausrüste. Hierzu wurden ihm die Geldmittel aus der königlichen Schatulle bereitwilligst gewährt. In der Schenkungs-Urkunde vom 23. Mai 1576 wurden Tycho außer der Insel und ihren Einkünften die Roeskilder Präbende und 2000 Thaler fixes Gehalt bewilligt.

Die Insel Hveen ist flach, von kleinen Seen und Gewässern durchzogen; nur in der Mitte findet eine kleine Erhebung statt. Eine zusammenhängende Ortschaft besitzt sie nicht, wohl aber einzeln zerstreute Bauernhöfe und eine Kirche. Hier legte Tycho am 8. August 1576 den Grundstein zu der Uranienburg, einem großen Schloß mit Sternwarte und Laboratorium. Der Name bedeutet nach dem griech. Wort *οὐρανός*: Himmelsburg. Daneben erhob sich ein zweites Gebäude, die Sternenburg, welche zu Wohnungen der Gehülfen und Schüler und zur Aufnahme der Druckerei diente.

Mädler giebt folgende Beschreibung von der Uranienburg: »Ziemlich in der Mitte der Insel gelegen, hatte das nach den Weltgegenden orientirte, äußerlich vollkommen symmetrische Gebäude 60′ Länge und ebensoviel Breite, zwei Stockwerke, die von den Beobachtungsthürmen, zwei großen und zwei kleineren, noch überragt wurden und so bis zu 75′ Höhe reichten. Sie waren mit Klappen zum Oeffnen und Schließen des Daches versehen und die Instrumente standen hier auf gemauerten Pfeilern; die Thürme waren durch Gallerien verbunden. Oben eine

Windfahne in Form eines Pegasus, mit einem Zeiger im Innern des Gebäudes, so daß man die Richtung des Windes erkennen konnte, ohne ins Freie hinaus zu treten. Das Innere enthielt einen großen Mittelsaal und zahlreiche Wohn-, Gast- und Gesellschaftszimmer, eine auserlesene Bibliothek, eine große Himmelskugel und viele mechanische Werkzeuge. Die Hauptwand des Saales war mit den lebensgroßen Bildnissen der berühmtesten Astronomen verziert, die, zu einem Halbrund geordnet, das in der Mitte befindliche Bild des Kopernikus umgaben, letzteres verziert mit Palmen und Lorbeerkränzen, sowie mit Gedichten, die Tycho selbst zum Urheber hatten. Dem Kopernikus zollte Tycho lebenslang eine Verehrung, wie vielleicht kein zweiter seiner Zeitgenossen.« Hier hat Tycho 21 Jahre hindurch, von 1577 bis 1598 gelebt und gewirkt, umgeben von zahlreichen Schülern, die gleichsam eine Akademie für Sternkunde bildeten. Hierher pilgerten die Freunde der Wissenschaft und selbst König Jacob I von Großbritanien und Herzog Wilhelm von Braunschweig besuchten die Uranienburg. Hier beobachtete Tycho 1577 mit großer Genauigkeit den großen Kometen, der selbst am Tage oft sichtbar war, und von den Kanzeln herab und in einer Fluth von Druckschriften als Vorbedeutung des göttlichen Strafgerichts und Ermahnung zur Buße erklärt wurde. Tycho fand dessen Parallaxe so klein, daß er weit jenseits der Mondbahn sich befinden, ja mehrere Millionen Meilen von der Erde entfernt sein mußte. Da also der Komet außerhalb der Erdatmosphäre lag und physisch gar keine Beziehung zur Erde hatte, so konnte er auch keinen Einfluß auf dieselbe äußern. Dies erregte den Zorn der großen Menge der Schreier, für welche die Kometenfurcht ein Theil der Gottesfurcht war.

Auf der Uranienburg wurde das Verzeichniß von 777 Sternen vollendet und gedruckt, auch genaue Beobachtungen über die Refraction oder Strahlenbrechung angestellt, die er im Horizont nahezu richtig zu 34 Minuten ermittelte.

Die Uranienburg und Sternenburg sind heute nur noch in Ruinen vorhanden, ein Denkmal für die rasch aufgeschossene und eben so rasch verdorrte Blüthe der Astronomie in Dänemark, denn nach Friedrichs II Tode im Jahre 1588 entzog dessen Nachfolger Christian IV dem weltberühmten Manne jede Unterstützung und verbot ihm jede Thätigkeit im Gebiete der Astronomie. Die berühmte, von Tycho mit unsäglichem

Fleiße angefertigte Himmelskugel, 6 Fuß im Durchmesser, aus Messing gearbeitet, wanderte nach Kopenhagen, wo sie 1728 bei dem großen Brande, welcher einen bedeutenden Theil der Stadt in Asche legte, vernichtet wurde. Tycho ging zunächst nach Wandsbeck zu seinem Freunde, dem Grafen v. Rantzau, dann folgte er dem Rufe Kaiser Rudolphs II nach Prag, wo er sofort die kaiserliche Sternwarte nach dem Muster der Uranienburg einzurichten begann. Der höchsten Gunst des Kaisers sich erfreuend erkrankte er als Gast an der kaiserlichen Tafel in Folge zu großer Aengstlichkeit und mußte schon in einem sehr schlimmen Zustande nach Hause getragen werden, wo er in ein Delirium verfiel und am sechsten Tage bei zurückgekehrtem Bewußtsein starb. Seine letzten Worte waren: «Nec frustra vixisse videar.» Der Ausdruck: «Tycho me vocat» erinnert noch heute an sein trauriges Ende.

Tycho prüfte mit dem größten Scharfsinne das Kopernikanische System und erhob mehrere Einwürfe gegen dasselbe, von denen wir nur folgende besprechen wollen.

»Wenn die Erde sich von West nach Ost um ihre Axe dreht, so müßte ein Stein, von der Höhe eines Thurmes herabgeworfen, nach Westen abweichen, und zwar um eine sehr erhebliche Strecke.« Diesen Einwurf konnte Tycho nur machen, weil die theoretische Mechanik noch in den Windeln lag. — Durch Benzenberg's Versuche auf dem Michaelisthurm in Hamburg und die von Brandes im Schlehbuscher Kohlenschachte angestellten ist nachgewiesen, daß der fallende Körper um etwas weiter nach Osten über den Fußpunkt hinaus sich bewegt. Weit begründeter ist der andere Einwand, den aber auch schon Kopernikus erwähnt hat:

Wenn die Erde sich um die Sonne bewegte, so müßte ihre Entfernung von einem bestimmten Fixsterne um die doppelte Entfernung der Erde von der Sonne, d. h. um 41,4 Millionen Meilen sich verändern, daher auch die Entfernung zweier Fixsterne von einander, oder der Gesichtswinkel, unter welchem sie erscheinen. Wissenschaftlich ausgedrückt: die Fixsterne müßten eine Parallaxe haben.*) Allein diese nothwendige Folgerung des Kopernikanischen Systems konnte Tycho mit seinen Instrumenten ohne Fernrohr nicht ermitteln. Erst unsere Zeit hat diesen Einwurf, der das glänzendste Zeugniß von dem

*) Siehe 2. Schaltcapitel, Seite 48.

Scharfsinn des Kopernikus und Tycho ist, beseitigt, indem durch Bessel und Argelander die Parallaxe der Fixsterne unbedingt nachgewiesen ist.

Drittens »müßten die Fixsterne in so ungeheurer Entfernung, daß sie keine Parallaxe haben, unsichtbar werden, da ihre sichtbaren Durchmesser nicht kleiner sein können, als die Parallaxe.« Hierauf ist zu erwidern, daß die Fixsterne nicht, wie die Planeten, mit erborgtem, sondern mit eigenem Lichte leuchten, und was Tycho noch nicht wissen konnte, daß sie, auch mit dem größten Fernrohr betrachtet, als ein Punkt erscheinen, ihr Durchmesser also nicht vergrößert wird, wie dies bei den Planeten der Fall ist.

Wir kommen nun zu dem sogenannten Tychonischen System, von welchem nicht zu Tycho's Lebzeiten die Rede gewesen, sondern das erst in einem neun Jahre nach seinem Tode erschienenen Werke erwähnt wird. Nach diesem wird die Erde als Mittelpunkt der Welt festgehalten, so daß die Erde weder um die Sonne, noch um ihre Axe sich bewegt. Mond, Mercur und Venus umkreisen die Erde, — Mars, Jupiter und Saturn bewegen sich in Epicykloïden um die Sonne und mit der Sonne um die Erde. Dieses dem Tycho untergeschobene System, das wahrscheinlich einen von den Jesuiten gewonnenen Schüler Tycho's zum Urheber hat, ist nicht ohne Scharfsinn angelegt, da es die Genauigkeit der Berechnung bedeutend steigert, aber es ist eine Schändung des Namens des großen Mannes, denn Tycho hat vollständig die Richtigkeit des Systems des von ihm gefeierten Kopernikus anerkannt, aber der Wahrheit gemäß ausgesprochen, daß es noch nicht vollständig bewiesen sei. Der katholische und protestantische Orthodoxismus aber zollte diesem Pseudo-Tychonischen Systeme deßhalb Beifall, weil sie dadurch die Bresche, welche das System des Kopernikus in ihren Glaubenswust gelegt, wieder auszufüllen dachten.

18. Capitel.

Moestlin, Fabricius, Gregorianischer Kalender.

Wir haben, ehe wir zu Kepler übergehen, noch einiger Astronomen zu gedenken, welche Tycho's Zeitgenossen waren. Der bedeutendste von diesen ist der Schwabe Michael Moestlin, 1550 zu Göppingen geboren. Er wurde 1576 Pfarrer zu Backnang, widmete sich aber

mit so großem Eifer der Astronomie, daß er 1580 als Professor der Mathematik nach Heidelberg, 1584 nach Tübingen berufen wurde. Obwohl er als Theologe anfangs Gegner des Kopernikanischen Systems war, so wurde er doch durch seine Beobachtungen und Berechnungen von dessen Richtigkeit so überzeugt, daß er dessen eifrigster Vertheidiger wurde. Sein scharfes Auge erhöhete in jener Zeit, wo Fernröhre noch nicht angewendet werden konnten, den Werth seiner Beobachtungen. In der Plejadengruppe konnte er, was nur Wenigen möglich ist, vierzehn einzelne Sterne zählen. Er erklärte zuerst das aschfarbene Licht der dunklen Scheibe neben der schmalen Mondsichel durch den Reflex der Erdstrahlen. Denn so groß der dunkle Theil des Mondes, ebenso groß ist der erleuchtete Theil der Erde, dessen reflektirte Strahlen den von der Sonne nicht beschienenen Theil der Mondscheibe beleuchten. Als das größte Verdienst Moestlins ist aber zu erwähnen, daß er durch seine Belehrung Kepler, durch seine Schriften Galilei für das System des Kopernikus gewann.

Ebenfalls durch fleißige Beobachtungen ausgezeichnet ist der evangelische Pastor David Fabricius, 1564 geboren, seit 1603 Pfarrer zu Esens in Ostfriesland, einer der ersten Astronomen, welche sich des Fernrohrs zu ihren Beobachtungen bedienten. Er entdeckte die Veränderlichkeit des Lichtes am Sterne *o* Ceti, die erste Beobachtung dieser Art. Von einem rachsüchtigen Bauer, den er wegen seines schlechten Lebenswandels getadelt, wurde er 1617 in seinem Garten hinterrücks mit einem Torfspaten erschlagen. Von seinem Sohne Johann Fabricius wissen wir nur, daß er im Hause seines Vaters mit diesem durch holländische Fernrohre die Sonnenflecke beobachtet habe, aus deren Bewegung er die Axendrehung der Sonne ableitete. Da man damals die Blendgläser noch nicht kannte, so konnte die Beobachtung der Sonnenflecke nur bei Auf- und Untergang der Sonne geschehen.

In diese Zeit fällt auch die Aufstellung und Einführung des Gregorianischen Kalenders. Im Julianischen Kalender war das tropische Jahr oder die Umlaufszeit der Sonne vom Frühlingspunkte zum Frühlingspunkte zu 365^t 6^h angenommen, während dessen Dauer nur 365^t 5^h $48'$ $49'',7$ beträgt. Da jedoch das Jahr hierdurch um $0{,}00776^t$ zu groß angenommen war, so mußte der Fehler in 128 bis 129 Jahren einen Tag betragen. Zur Zeit Baco's, der schon eine Verbesserung des Kalenders angeregt, betrug dieser Fehler 8 Tage,

gegen Ende des 16. Jahrhunderts 10 Tage. Nach dem vom Papste Gregor XIII im Jahre 1582 auf den Vorschlag des Arztes und Astronomen Aloys Lili eingeführten Kalender wurden daher in diesem Jahre 10 Tage ausgelassen, indem man nach dem 4. October sogleich den 15. zählte. Ferner wurde bestimmt, daß in allen Schlußjahren des Jahrhunderts, deren Zahl durch 400 nicht theilbar ist, also 1700, 1800, 1900, der Schalttag weggelassen werden, dagegen am Ende jedes vierten Jahrhunderts, 2000, 2400 rc. bleiben soll. Da nun in 400 Jahren 3 Schalttage ausgelassen werden, diese Correction also für 1 Jahr $^3/_{400}$ Tag beträgt, so ist hiernach das Jahr zu $365^t + {}^1/_4 - {}^3/_{400} = 365{,}2425^t$ angenommen, was noch um $0{,}00026^t$ zu viel ist. Auch dieser Fehler kann beseitigt werden, wenn alle 4000 Jahre ein Schalttag ausgelassen wird, wodurch die Größe des Jahres auf $365{,}24225^t$ gebracht würde, der Fehler also nur $0{,}00001^t$ betrüge, so daß nach 100 000 Jahren wieder ein Schalttag ausfallen müßte.

Dieser verbesserte Gregorianische Kalender wurde im Jahre 1582 in allen katholischen Ländern angenommen. In den protestantischen Ländern eiferten aber die calvinistischen und lutherischen Pastoren dagegen, weil der Kalender, vom Papste oder Antichrist herrührend, nur ein Fallstrick sei. Im protestantischen Deutschland, in Dänemark, Holland und der Schweiz wurde er erst im Jahre 1700 eingeführt, in welchem Jahre man die 11 Tage vom 19. bis 29. Februar wegließ. In England geschah die Annahme 1752, in Schweden 1753. Rußland und die Bekenner der griechischen Kirche haben jedoch den alten Julianischen Kalender beibehalten, so daß der Unterschied im gegenwärtigen Jahrhundert 12 Tage, im nächsten 13 Tage betragen wird, denn das Jahr 1900 wird für uns ein gemeines Jahr zu 365 Tagen sein. Die Feststellung einzelner geschichtlicher Tage bis 1700, namentlich zur Zeit des 30jährigen Krieges, kann daher nur dann als gesichert betrachtet werden, wenn man weiß, ob in den Quellschriften nach dem alten oder nach dem neuen Kalender gerechnet ist.

3. Schaltcapitel.

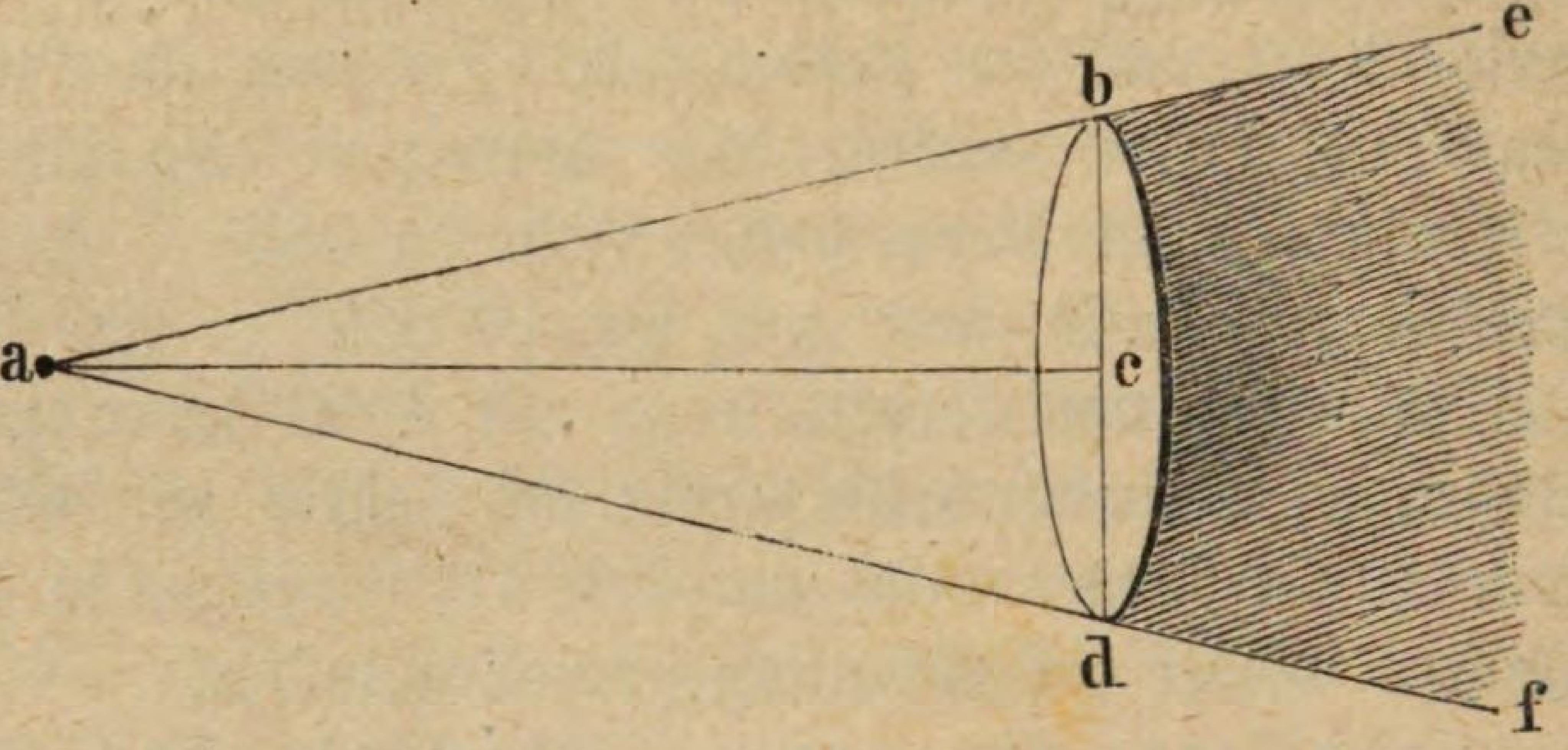
Von den Sonnen- und Mondfinsternissen.

Wenn die von einem leuchtenden Körper ausgehenden Lichtstrahlen einen dunklen undurchsichtigen Körper treffen, so entsteht hinter dem

letzteren ein Raum, welcher von den Lichtstrahlen nicht getroffen wird, der Schatten.

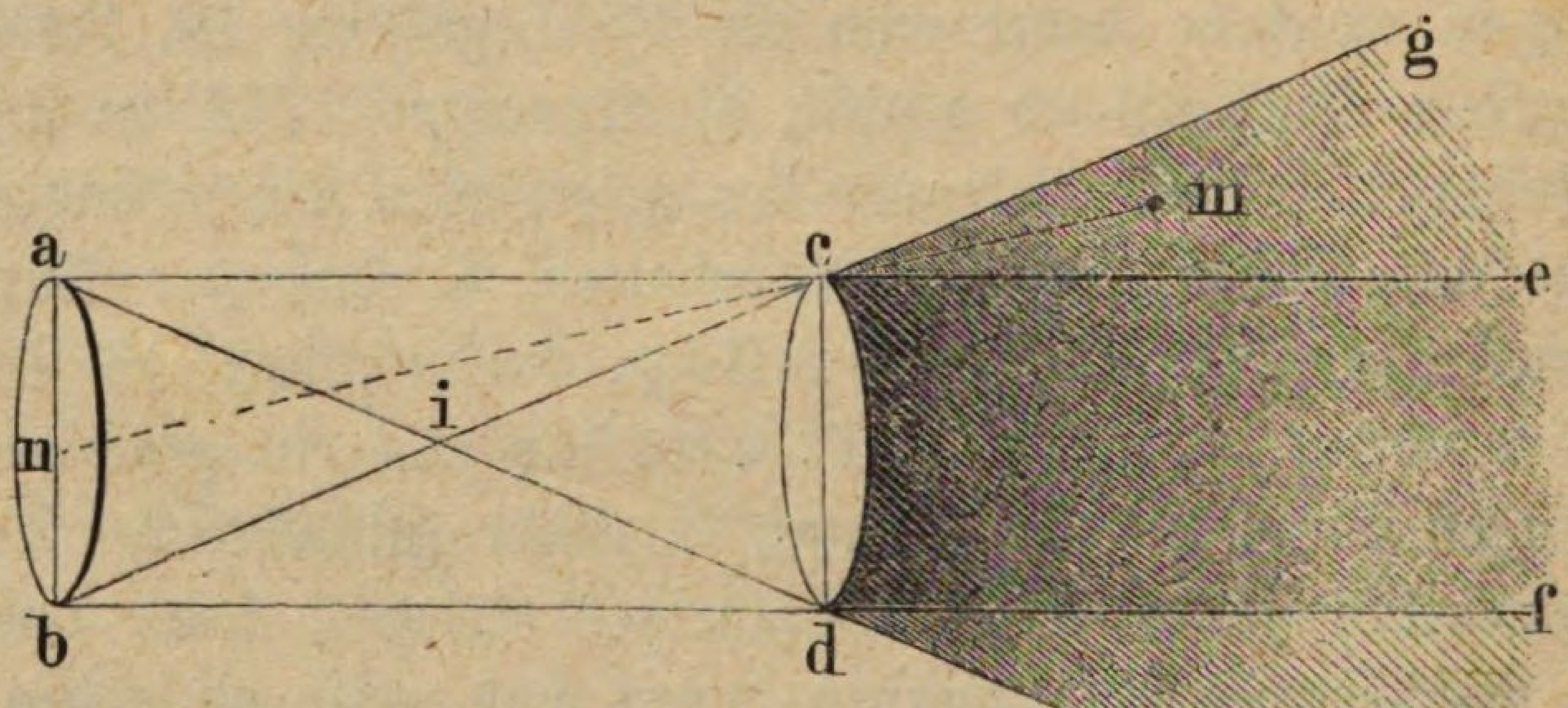
Ist der leuchtende Körper unendlich klein oder ein Punkt (Fig. 13), der Schatten werfende eine Kugel, so ist der Schattenraum ebdf ein abgestumpfter unbegrenzter Kegel.

Fig. 13.



Ist auch der leuchtende Körper eine Kugel, deren Durchmesser gleich dem des Schatten werfenden ist (Fig. 14), so wird der innerhalb des durch die verlängerten Grenzstrahlen ce und df gebildete unbegrenzte cylindrische Raum ecdf von keinem Lichtstrahl getroffen. Dieser

Fig. 14.

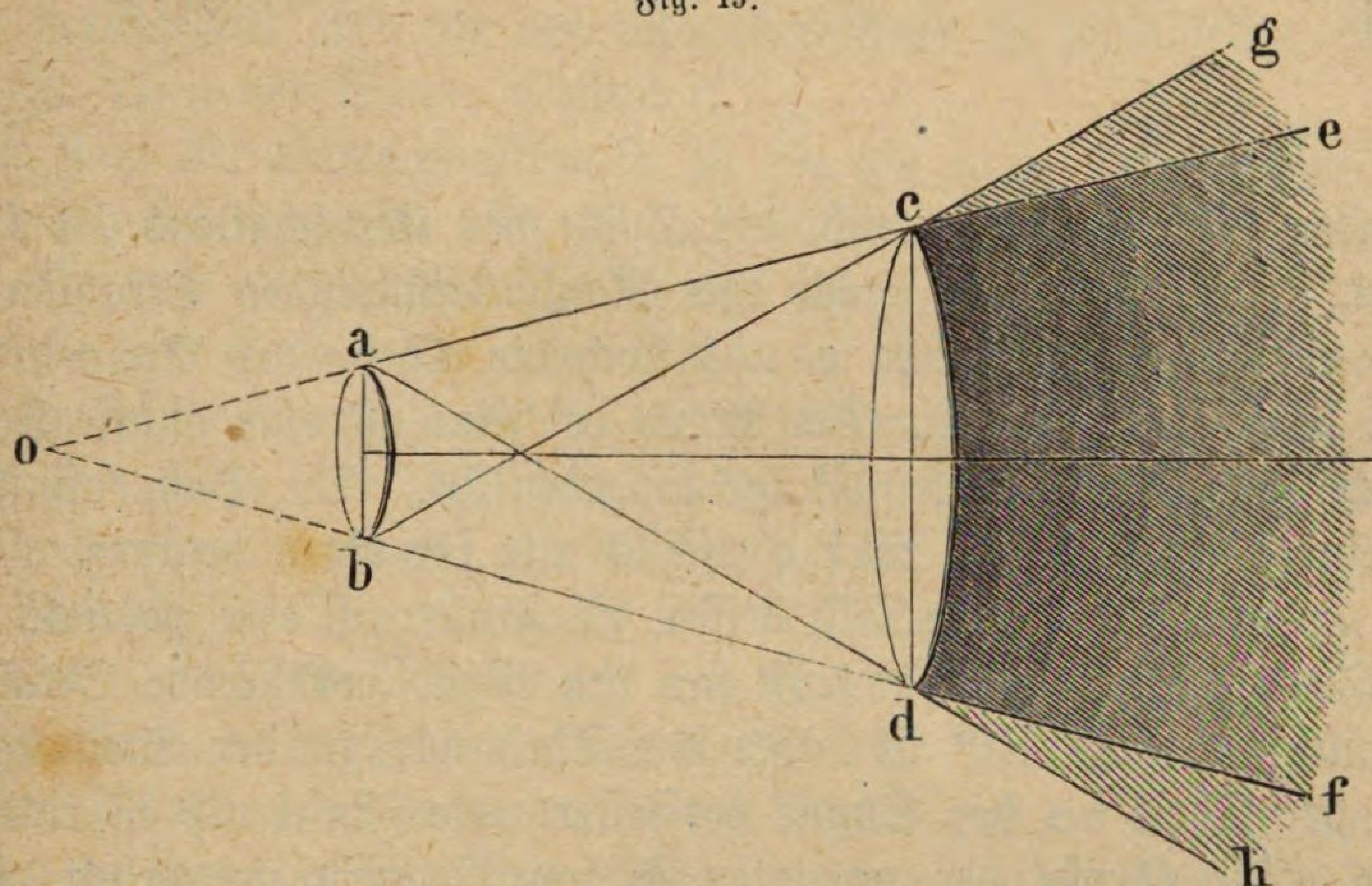


Raum heißt der Kernschatten. Innerhalb des durch die verlängerten Querstrahlen cg und dh den Kernschatten umgebenden Hohlraumes ist nur ein Theil des leuchtenden Körpers sichtbar, von m aus nur an. Je näher dem Kernschatten dieser Punkt liegt, desto kleiner, je näher der äußeren Grenze, desto größer ist der sichtbare Theil des

leuchtenden Körpers. Dieser Raum, ein ausgehöhlter, unbegrenzter, abgestumpfter Kegel, dessen Spitze i in der Mitte zwischen beiden Körpern liegt, heißt der Halbschatten; er bildet einen allmählichen Uebergang aus dem Kernschatten zu der vollen Beleuchtung außerhalb gcdh.

Ist der leuchtende Körper ab (Fig. 15) kleiner als der Schatten werfende cd, so ist der Kernschattenraum ecdf ein unbegrenzter abgestumpfter Kegel, dessen Gipfel jenseits des leuchtenden Körpers in o liegt, der Halbschatten gce, fdh, ebenfalls ein abgestumpfter unbe-

Fig. 15.

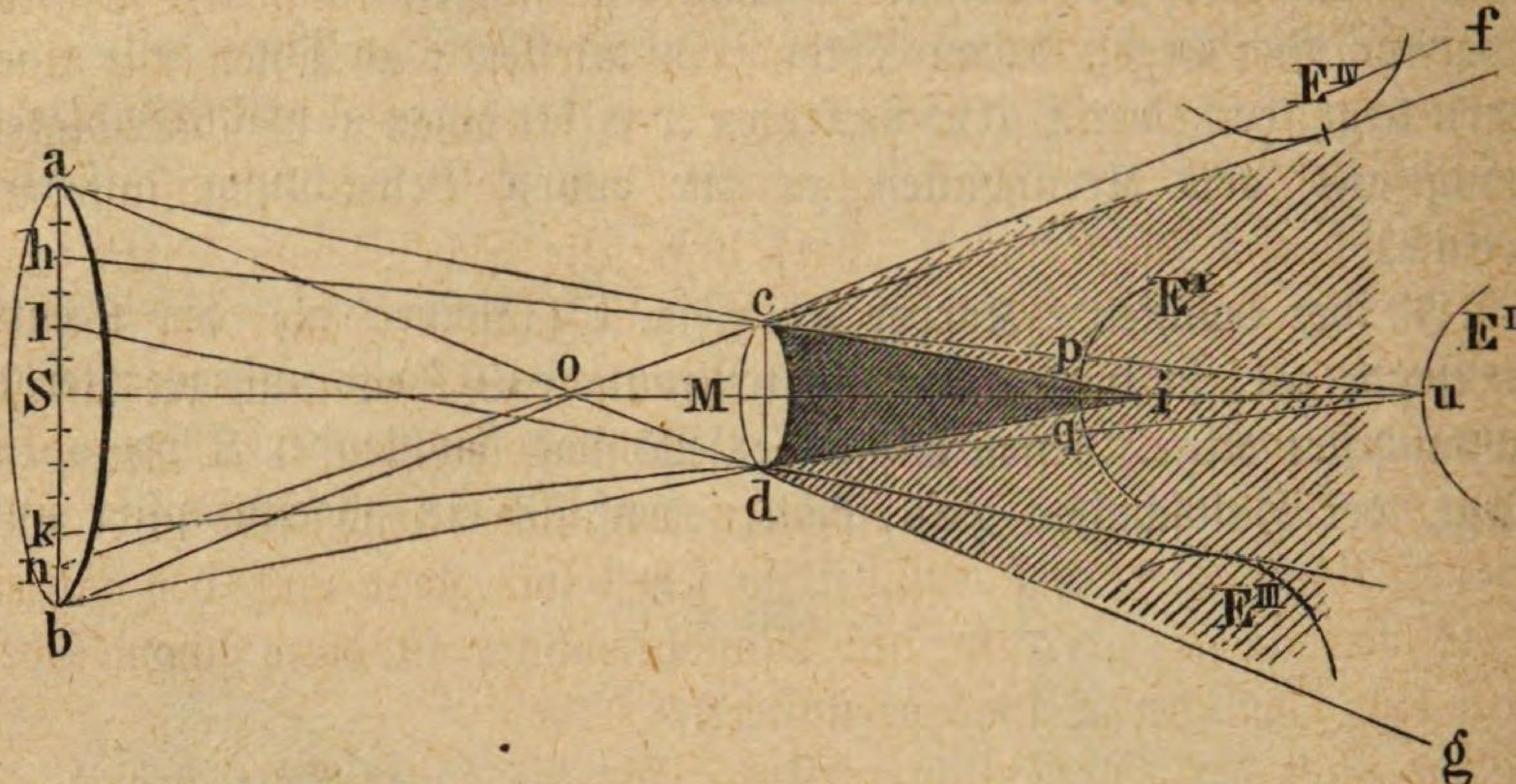


grenzter Hohlkegel, dessen Gipfel zwischen beiden Körpern, aber näher dem leuchtenden liegt.

Ist endlich (Fig. 16 auf folg. Seite) der leuchtende Körper ab größer als der Schatten werfende Körper, so ist der Kernschatten cid ein Kegel, der Halbschatten ein unbegrenzter abgestumpfter Hohlkegel, dessen Spitze o zwischen beiden Körpern, aber näher dem Schatten werfenden liegt.

Stellt ab die Sonne, cd den Mond vor, E die Erde, so wird diese in der Stellung E^{I} vom Kernschatten getroffen. Auf allen Punkten dieses durch pq bezeichneten Theiles der Erdoberfläche findet eine totale Sonnenfinsterniß statt, auf den im Halbschatten liegenden Punkten aber nur eine partiale. In der Stellung E^{II}, wo die Mittelpunkte von Sonne, Mond und Erde genau oder nahezu in einer

Fig. 16.



geraden Linie liegen, erreicht die Spitze des Kernschattens i die Erde nicht. Zieht man von u die den Mond berührenden Strahlen uch und udk, so können von u aus noch die Theile des Sonnenrandes ah, bk gesehen werden. Der Mond erscheint als eine dunkle Scheibe, welche von einem lichten Ringe umgeben ist. Die Sonnenfinsterniß ist eine ringförmige, aber ebenfalls nur für einen begrenzten Theil der Erdoberfläche, außerhalb dessen die Finsterniß eine partiale ist.

In der Stellung E^{III} trifft der den Mond berührende Strahl die Sonne in l. In E^{III} ist daher der Theil al, in der Stellung E^{IV} nur der Theil bn der Sonne verfinstert, die Finsterniß ist eine partiale. Die Größe der partialen Finsterniß wird angegeben, indem man sich den Sonnendurchmesser ab in zwölf Theile oder Zolle getheilt denkt. In der Stellung E^{III} beträgt die Verfinsterung ungefähr 4 Zoll, in der Stellung E^{IV} nur etwa einen Zoll.

Da die Axe des Erdschattenkegels im Mittel $3\frac{1}{2}$mal größer ist, als die Entfernung des Mondes von der Erde, der Querschnitt des Schattenkegels, in welchem der Mond sich bewegt, $2\frac{2}{3}$mal größer als der Durchmesser des Mondes, so kann eine Mondfinsterniß für den Bewohner des Mondes, für den sie eine Sonnenfinsterniß ist, nie eine ringförmige sein. Für die Erdbewohner ist sie entweder eine totale, wenn die ganze Mondscheibe, oder eine partiale, wenn nur ein Theil derselben durch den Kernschatten der Erde geht. Eine Mondfinsterniß ist daher auch für alle Theile der dem Monde zugewandten Erdhälfte sichtbar, während bei der Sonnenfinsterniß dies nicht der Fall ist.

Zur Zeit der Sonnenfinsternisse bewegt sich eine schwarze Scheibe von nahe gleicher scheinbarer Größe von Westen nach Osten mit einer Geschwindigkeit, welche der Differenz der scheinbaren Geschwindigkeit des Mondes und der Sonne gleich ist; zur Zeit der Mondfinsterniß bewegt sich eine dunkle nicht scharf begrenzte Scheibe von Osten nach Westen mit derselben Geschwindigkeit. Die längste Dauer der totalen Verfinsterung der Sonne beträgt 6 Minuten 43 Secunden, die längste Dauer der totalen Verfinsterung des Mondes beinahe $1^3/_4$ Stunden. Tritt der Mond in den Halbschatten der Erde, was vor und nach unserer Mondfinsterniß stattfindet, so sehen wir zwar noch den ganzen Mond verschleiert, aber für den Mondbewohner ist dann schon (oder noch) ein Theil der Sonne verfinstert.

Die Zahl der Sonnenfinsternisse ist für die ganze Erde größer als die der Mondfinsternisse. In 18 Jahren finden nahezu 40 Sonnenfinsternisse und nur 29 Mondfinsternisse statt. Da jedoch die Sonnenfinsternisse nur immer für einen Theil der der Sonne zugewandten Erdhälfte sichtbar sind, so ist für einen bestimmten Ort der Erde, wie Berlin oder Wien, die Zahl der daselbst sichtbaren Sonnenfinsternisse ungefähr dreimal geringer, als die der auf der ganzen Erdhälfte sichtbaren Mondfinsternisse. Bewegte sich der Mond in der Ekliptik, so müßte zur Zeit jedes Vollmondes eine Mondfinsterniß, zur Zeit jedes Neumondes eine Sonnenfinsterniß stattfinden. Da aber die Mondbahn die Ekliptik unter einem mittleren Winkel von 5° 8′ 48″ durchschneidet, so kann der Mond zu diesen Zeiten um einen eben so großen Bogen höher oder niedriger, als die Sonne stehen. Eine Sonnenfinsterniß findet statt, wenn zur Zeit des Neumondes die Breite des Mondes (seine Entfernung von der Ekliptik) geringer ist, als die Summe der Halbmesser des Mondes und der Sonne. Sie kann nur stattfinden, wenn gleichzeitig der Abstand des Mondes vom nächsten Knoten (Durchschnittspunkt der Mond- und Sonnenbahn), kleiner als 19 Minuten ist. Ist dieser Abstand größer, so ist eine Finsterniß unmöglich, beträgt er weniger als $13^1/_2$ Minuten, so ist eine Sonnenfinsterniß gewiß.

Auch die unteren Planeten Mercur und Venus können unter ähnlichen Bedingungen, als für die Sonnenfinsternisse, vor der Sonnenscheibe vorübergehen. Man nennt diese Erscheinungen M e r c u r - oder V e n u s - D u r c h g ä n g e.

Von Kepler*) bis auf die neueste Zeit ist die Beobachtung dieser Durchgänge für die Bestimmung der Entfernung der Erde von der Sonne von der größten Wichtigkeit gewesen. Den Resultaten der Beobachtungen des Venusdurchganges am 9. December 1874 sehen die Astronomen mit der größten Spannung entgegen. Bei dem jetzigen Standpunkt der Wissenschaft und den ungeheuren Fortschritten, welche seit den letzten Venusdurchgängen am 6. Juni 1761 und am 3. Juni 1769 in der Vervollkommnung der Instrumente und der Vervielfältigung der Beobachtungsmittel (Polarisation, Spectral-Analyse) gemacht wurden, sind gewiß bedeutende Ergebnisse erzielt worden, die aber noch nicht veröffentlicht werden konnten.**)

19. Capitel.

Kepler's Jugend und erstes Lehramt.***)

Wir kommen nun zu der Zeit, in welcher der furchtbarste Kampf zwischen den Mächten des Lichtes und der Finsterniß geführt wurde, in welchem der Jesuitismus, der damals schon wie jetzt das Papstthum beherrschte, mit Hülfe der vereinigten Macht des Hauses Habsburg in Oesterreich und Spanien den Protestantismus ausrotten und jede Lehre, welche der lügenhaften Anmaßung des Papstthums widersprach, durch Kerker, Marterinstrumente und Scheiterhaufen vernichten wollte. Gegenüber der geeinigten, vollkommen disciplinirten Macht des Katholicismus erscheint der Protestantismus in zwei Parteien so gespalten, daß sein Untergang fast unvermeidlich erscheint. Denn der gegenseitige Haß der Lutheraner und Calvinisten, der hauptsächlich aus der verschiedenartigen Deutung der Einsetzungsworte beim Abendmahl entstanden, ob es heißt: »Das ist mein Leib«, oder: »Das bedeutet

---

*) Siehe 22. Capitel.

**) Ausführliche Belehrung über das Verhältniß der Venus zur Erde und den Venusdurchgang ertheilt die interessante im Verlage der Schulbuchhandlung zu Langensalza erschienene Schrift: »Erde und Abendstern, ein Geschwisterpaar von gleicher Größe, Gestalt und Naturanlage, von F. G. L. Greßler.«

***) In den folgenden Capiteln habe ich hauptsächlich die ausgezeichnete Monographie meines Freundes, des Herrn Professor Dr. Reuschle in Stuttgart: »Kepler und die Astronomie. Zum dreihundertjährigen Jubiläum von Keplers Geburt. Frankfurt a. M. Verlag von Heyder und Zimmer. 1871« benutzt.

meinen Leib«, ist fast noch erbitterter, als der der Protestanten gegen die Katholiken. Die Verwüstung unseres Vaterlandes, welches auf 30 Jahre der Tummelplatz der zügellosen Söldnerhorden aus allen Ländern Europa's wurde, war so gründlich, daß die dadurch entstehende Verarmung und Entvölkerung nach einem Jahrhunderte noch nicht überwunden war. In dieser traurigen Zeit leuchten zwei Sterne erster Größe auf dem Gebiete der Himmelskunde, der Deutsche Kepler und der Italiener Galilei. Beide Männer hatten einen harten Kampf zu kämpfen gegen Unduldsamkeit und Verfinsterungssucht, aber die Namen beider werden unvergeßlich sein, so lange noch die Wissenschaft auf unserem Erdball gepflegt wird.

Die ausgezeichneten Beobachtungen, namentlich der Planeten, welche Tycho angestellt, die Verbesserungen, welche er an den Instrumenten vorgenommen, würden eine nutzlose Arbeit gewesen sein, wenn sie nicht Kepler, sein Nachfolger auf der Sternwarte zu Prag, der rechnenden Kritik unterzogen hätte, durch welche er zur Aufstellung der nach ihm genannten drei Gesetze bestimmt wurde.

Johann Kepler wurde am 27. December 1571 zu Weil der Stadt, einem jetzt württembergischen Städtchen an der Würm am Fuße des Schwarzwaldes im sogenannten Strohgäu geboren, sieben Jahre nach der Geburt seines größten Zeitgenossen Galilei, der ihn um elf Jahre überlebte. Weil, zum Unterschiede vom Marktflecken Weil im Schönbuch, Weil die Stadt genannt, zugleich Geburtsort des Reformators Brenz*), damals freie Reichsstadt, hat jetzt nur 2000 Einwohner; damals war sie fast ganz protestantisch, jetzt aber ist sie vorwiegend katholisch. Die Kepler'sche Familie, ursprünglich adelig, war aus Nürnberg eingewandert, und was für unsern Kepler von Einfluß war, streng lutherisch. Dem Großvater Sebaldus Kepler, der regierender Bürgermeister in Weil war, erneuerte Kaiser Maximilian II den Adel. Kepler's Vater Heinrich, das vierte unter zwölf Kindern des Sebaldus, war ungestüm und unstät; seine Mutter, Katharine Guldenmann, eine Schulzentochter aus Eltingen, ungebildet,

*) Johannes Brenz, geboren 1499, seit 1522 Prediger in Schwäbisch Hall, 1548 wegen des Interims aus seinem Amte vertrieben, seit 1552 Propst in Stuttgart und 1570 gestorben, ist der Verfasser der dem tridentinischen Concil überreichten württembergischen Bekenntnißschrift.

eigensinnig und zum Grübeln geneigt. Kepler's Kindheit litt daher unter diesen widerwärtigen Verhältnissen, auch wurde er mehrmals von schweren Krankheiten heimgesucht. Sein Vater ließ sich wiederholt von Alba's Werbern verlocken, in Belgien Kriegsdienste zu nehmen, pachtete später eine Wirthschaft in Elmendingen bei Pforzheim und verließ 1589 wiederum seine Familie in Folge eines häuslichen Zwistes, um nicht wieder zurückzukehren.

Schon 1577 war unser Johann Kepler in die deutsche, bald darauf in die lateinische Schule aufgenommen, doch wurde sein Schulbesuch theils durch das Mißgeschick der Eltern, theils durch Feldarbeiten unterbrochen. 1583 wurde er wegen seines schwächlichen Körpers für das Studium der Theologie bestimmt. Die dazu nöthige Vorbildung erhielt er auf den Klosterschulen zu Adelberg und Maulbronn, und nachdem er 1588 das Baccalaureats-Examen zu Tübingen glänzend bestanden, trat er 1589 in das evangelische Stift zu Tübingen, jene berühmte theologische Anstalt, welcher seit ihrer Gründung im Jahre 1548 bis heute viele berühmte Männer angehört haben. Die ersten zwei Jahre waren der Artisten-Facultät, d. h. den philosophischen Wissenschaften gewidmet. Hier war der bereits erwähnte Moestlin Lehrer der Mathematik und Astronomie. Obwohl schon mehr als 40 Jahre seit dem Tode des Kopernikus und der Veröffentlichung seines berühmten Werkes »de revolutionibus« verflossen waren, so hatte doch seine Theorie wenige offene Bekenner gefunden, denn die katholische Kirche bedrohete diese mit dem Scheiterhaufen und die zelotischen lutherischen Pastoren standen in ihrer Verfolgungssucht nicht hinter der Inquisition zurück. Moestlin lehrte daher noch in seinen öffentlichen Vorlesungen das Ptolemäische Weltsystem, aber im engeren Schülerkreise überzeugte er seine vertrauten Schüler, zu welchen auch Kepler gehörte, von der Richtigkeit des Kopernikanischen Systems. Kepler wurde für die neue Lehre so begeistert, daß er mehrere seiner Studiengenossen durch Privatunterricht damit bekannt machte, unter diesen den nachmaligen Professor der Rechte, Besold, der Kepler stets ein treuer Freund blieb.

Die letzten drei Universitätsjahre gehörten im Tübinger Stift dem Studium der Theologie. Damals waren die Professoren der Theologie in Tübingen die strengsten Orthodoxen, welche ihr zelotisches Lutherthum in der Concordienformel bekundet hatten. Moestlin's Vorgänger,

Apian*), wegen seines Uebertrittes zur Augsburgischen Confession aus Ingolstadt vertrieben, mußte auch in Tübingen seine Stellung aufgeben, weil er sich weigerte, der Concordienformel durch seine Unterschrift sich zu unterwerfen. Kepler mußte daher, obwohl er in den Prüfungen und durch seine Predigten sich stets die erste Censur erwarb, bald mit diesen Zeloten in Conflict gerathen. Ob nun seine Anhänglichkeit an die Lehre des Kopernikus oder seine Vertheidigung des 1582 vom Papste angeordneten verbesserten Kalenders, gegen den die lutherischen Theologen als »offenbar nur auf Beförderung des abgöttischen päpstlichen Wissens gestellt,« beim Herzog von Württemberg protestirten, — oder seine Abweichung von der strengen Auffassung der Abendmahlslehre ihm Feindseligkeiten bereitete, ist schwer festzustellen. Wir wissen nur, daß ihm noch in der ersten Hälfte seines fünften Universitätsjahres die erledigte Lehrstelle an dem ständischen Gymnasium in Graz, der Hauptstadt von Steiermark, angetragen wurde.

Nicht nur in Steiermark, sondern in ganz Oesterreich war damals die evangelische Lehre verbreitet und die Universität Graz hatte schon mehrere Lehrer aus Tübingen berufen. Kepler nahm den Ruf an, da er nur geringe Aussicht hatte, in Württemberg eine einträgliche Predigerstelle zu erlangen. Mit Zustimmung des Herzogs von Württemberg und der Seinigen begab er sich im März 1594 nach Graz, um sein Amt, welches ihm eine Besoldung von 150 Gulden gewährte, anzutreten. Zu seinen Amtsgeschäften gehörte außer den Vorlesungen die Abfassung des steierischen Kalenders, der zwar schon, wie in ganz Oesterreich, nach dem neuen gregorianischen Style herausgegeben wurde, aber noch das Prognostikon, d. h. die auf Astrologie beruhenden Prophezeiungen enthalten mußte, worauf damals alle Stände, vom Fürsten bis zum Bauer, großen Werth legten. Kepler hatte mit seinem ersten Kalender auf das Jahr 1595 großes Glück, denn seine Prophezeiungen von einem strengen Winter und von Bauernunruhen, welche zufällig eintrafen, verschafften ihm großen Ruf, weit mehr, als seine in demselben Jahre verfaßte Schrift: «*Prodromus*» oder «*Mysterium*

---

*) Philipp Apianus, Sohn des Professors der Mathematik und Lehrers Karls V, Peter Apianus (eigentlich Bienenwitz), wurde 1568 aus Ingolstadt vertrieben und starb 1589.

cosmographicum» genannt, mit welcher für die Astronomie eine ganz neue Bahn eröffnet wurde. Der vollständige Titel dieser Schrift des erst 24 Jahre alten Kepler heißt in der deutschen Uebersetzung:

»Erstling kosmographischer Abhandlungen, enthaltend das kosmographische Geheimniß von dem wunderbaren Verhältniß der himmlischen Bahnen und von den wahren Ursachen, welche der Anzahl und Größe der Bahnen, sowie den periodischen Bewegungen zu Grunde liegen, nachgewiesen durch die fünf regulären Körper, von Johannes Kepler.«

Dieses Werk wurde mit Genehmigung des Herzogs von Württemberg 1596 in Tübingen gedruckt, obwohl die dortigen Theologen an der der heiligen Schrift widerstreitenden Lehre von der Bewegung der Erde gar gewaltigen Anstoß nahmen, wie dies noch in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts ein dadurch zu einer traurigen Berühmtheit, aber zu desto größerem Ansehen bei seinen zelotischen Glaubensbrüdern und Vorgesetzten gelangter Berliner Pastor gethan hat. Jene Zeloten des 16. Jahrhunderts konnten jedoch nichts gegen den ausdrücklichen Willen des Herzogs ausrichten. Kepler übersandte sein Werk den Astronomen der damaligen Zeit und erlangte dadurch großen Ruhm. Galilei begrüßte ihn als einen Collegen in der Erforschung der Wahrheit und Tycho lud ihn nach Prag ein.

Zu dieser Zeit verlobte sich Kepler mit der 23jährigen Tochter Barbara des Müllers und Gutsbesitzers Jobst Müller, Herrn von Mühleck, einem Schlößchen in der Nähe von Graz. Barbara war schon zweimal verheirathet gewesen; von ihrem ersten Gatten, der ihr durch den Tod entrissen, hatte sie eine Tochter; von ihrem zweiten Gatten, einem reichen Manne, war sie geschieden. Der Herr v. Mühleck forderte von Kepler den Nachweis seiner adeligen Herkunft, weßhalb dieser sich, zugleich auch in Angelegenheiten seines Prodromus, nach Württemberg begab und dort sieben Monate blieb. 1597 fand die Hochzeit statt und 1598 wurde Kepler ein Sohn geboren, der aber bald darauf starb, obwohl ihm die Sterne einen Sohn verkündigt hatten: »von edlem Geiste, gewandtem Körper und geschickten Händen, der Geschick für Mathematik und Mechanik habe.« Kepler erkannte daher die Richtigkeit aller astrologischen Berechnungen, so daß er ausrief: »Es ist Alles eitel!«

Nach dem Tode des Kaisers Ferdinand I, des Bruders Karl's V, war Steiermark mit Kärnthen, Krain und der Grafschaft Görz an dessen jüngsten Sohn, den Erzherzog Karl gefallen. Karl versuchte den Protestantismus, der in seinen Ländern den katholischen Cultus fast ganz verdrängt hatte, mit Strenge auszurotten; da er aber bald einsehen mußte, daß er dadurch seine Länder zu Grunde richten würde, so mußte er sich zu einiger Duldung entschließen. Dieses Verhältniß blieb auch nach seinem 1590 erfolgten Tode unter der Vormundschaft für seinen noch unmündigen Sohn Ferdinand, den nachmaligen Kaiser Ferdinand II. Dieser war aber von den Jesuiten in Ingolstadt erzogen und hatte vor seinem Regierungsantritte eine Wallfahrt nach Loreto unternommen, wo er der heiligen Jungfrau die Ausrottung aller Protestanten in seinen Erblanden gelobt hatte. Bald nach seinem Regierungsantritte, im September 1597, erließ er ein Edict, durch welches alle protestantischen Geistlichen und Lehrer aus dem Lande verwiesen wurden. Auch Kepler wurde vertrieben und begab sich nach Ungarn, wurde aber bald darauf von den Ständen Steiermarks zurückgerufen, nachdem die Jesuiten ihm einen Schutzbrief ausgewirkt hatten. Der bayerische Kanzler Herwart von Hohenberg, ein Affiliirter der Jesuiten, war ein Verehrer Kepler's geworden und hatte wahrscheinlich sich für ihn verwendet. Auch glaubten wohl die Jesuiten, einen Mann von so hoher Begabung, der frei von allem Fanatismus war, noch für den katholischen Glauben gewinnen oder ihn wenigstens ohne Aenderung des Glaubens in ihren Dienst ziehen zu können. Dies geht aus den Briefen der Jesuiten Guldin und Albert Kurz an Kepler hervor; dieser aber erklärte 1598 in einem Briefe an seinen Gönner Herwart, daß er der Augsburgischen Confession treu bleiben werde und unfähig sei, in Sachen der Religion zu heucheln.

Als Kepler nach Graz zurückkehrte, war das ständische Gymnasium ohne Schüler, so daß Kepler seine ganze Zeit auf seine astronomischen Studien verwenden konnte. Er beschäftigte sich daher mit Untersuchungen über Chronologie, über die Abweichung der Magnetnadel und die atmosphärische Strahlenbrechung. Allein während dieser Zeit war die Protestantenverfolgung in dem Grade geschärft, daß jedem einzelnen Bürger von der Reformations-Commission das Edict zugefertigt wurde, entweder katholisch zu werden, oder in bestimmter Zeit allen Grundbesitz zu verkaufen oder zu verpachten und das Land zu

verlassen. Um die Mitte des Jahres 1600 erging diese Aufforderung auch an Kepler. Da dieser die Vertreibung schon vorausgesehen, so hatte er eine Anstellung als Lehrer in Tübingen nachgesucht, allein vergeblich, denn die lutherischen Zionswächter setzten es durch, daß der seines Glaubens wegen vertriebene Mann, der sich bereits einen europäischen Ruf erworben, von seinem Heimathlande zurückgewiesen wurde. Glücklicher waren seine Bewerbungen in Prag, wo Tycho ihm die Stelle eines Hülfsarbeiters an der Sternwarte verschaffte. Im October 1600 übersiedelte Kepler mit seiner Familie nach Prag, wo er fieberkrank ankam. Die Güter seiner Frau hatte er vorläufig verpachtet.

20. Capitel.

Kepler in Prag.

Das Verhältniß Kepler's als Untergebenen zu Tycho als seinem Vorgesetzten, des gemüthlichen Schwaben zu dem kalten, schroffen Dänen, führte bald zu Mißhelligkeiten, auch in Geldsachen, da Kepler seine Besoldung von Tycho erhielt. Zum Glück für Kepler starb Tycho schon im October 1601. Kepler ehrte sein Andenken durch eine Elegie und nahm auch ferner Tycho's wirkliche Verdienste gegen dessen Feinde in Schutz. Kaiser Rudolph ernannte alsbald Kepler zum kaiserlichen Mathematiker und Hofastronomen mit einem persönlichen Gehalt von 500 Gulden, von welchem er aber wegen der schlechten Finanzverwaltung am kaiserlichen Hofe kaum einzelne Abschlagszahlungen erpressen konnte. Kepler mußte daher oft Noth leiden, dennoch aber regelmäßig allen Forderungen des Kaisers auf dem Gebiete der Astrologie nachkommen.

Seine Hauptarbeit war jetzt die Verbesserung der astronomischen Tafeln auf Grund der Tychonischen Beobachtungen. Die Berechnung dieser Tafeln, welche, um den Kaiser zu ehren, die Rudolphinischen genannt wurden, setzte aber die Kenntniß der richtigen Elemente und der Gesetze der Planetenbahnen voraus. Hiermit verband Kepler eine genaue Untersuchung des optischen Theils der Astronomie, welche allein ihm in der Geschichte der Optik einen ehrenvollen Platz gesichert haben würde. Von den Planeten war vorzugsweise der Mars Gegenstand gründlicher Beobachtungen. Diese Zeit war aber auch reich an auffallenden Himmelserscheinungen.

Im Jahre 1600 hatte man einen neuen Stern im Sternbilde des Schwans entdeckt, der als Stern dritter Größe sichtbar blieb. Im September 1604 erglänzte plötzlich ein neuer Stern am Fuße des Ophiuchos oder Schlangenträgers, welcher heller als Jupiter und Venus leuchtete und im Februar 1606 gänzlich wieder verschwand. Diesen Stern kann man füglich den Stern Kepler's nennen, wie man den von 1572 in der Kassiopeja den Stern Tycho's genannt hat. 1607 erschien der Komet, dessen Bahn bei seiner Wiederkehr im Jahre 1680 der Engländer Halley berechnete und der nach diesem ersten Berechner einer Kometenbahn den Namen des Halley'schen erhalten hat. Durch Vergleichung mit Kepler's Beobachtungen wies Halley nach, daß dieser Komet von 1680 mit dem von 1607 identisch sei, auch bereits 1531 beobachtet worden und 1759 wieder erscheinen werde. Dies traf auch zu; ebenso seine auf 1835 angekündigte Wiederkehr, welcher sich die älteren meiner geehrten Leser gewiß erinnern.

Daß diese außerordentlichen Himmelserscheinungen im Anfange des 17. Jahrhunderts großes Aufsehen erregen mußten, und zwar zu einer Zeit, wo noch der Glaube an den Einfluß der Gestirne auf die Geschicke der Menschen ein ganz allgemeiner war und selbst ein Kepler sich nicht ganz von demselben frei machen konnte, darf uns nicht wundern, um so weniger, als noch jetzt für das plötzliche Erscheinen von Sternen, wie der von 1572 und 1604, und die neueste Erscheinung eines Sternes in der Krone im Jahre 1866 eine wissenschaftliche Erklärung nicht vorhanden ist. Hätte der Stern in der Krone die Helligkeit des Kepler'schen gehabt, so daß er die allgemeine Aufmerksamkeit statt nur die der Astronomen auf sich gelenkt hätte, würde man ihn da nicht zu dem böhmischen Kriege und der Wiedergeburt unseres deutschen Vaterlandes in Beziehung gebracht haben?

Im Jahre 1610 vollendete Galilei sein großes Werk über den Planeten Mars, welches, wie später bei der Erörterung der Kepler'schen Gesetze gezeigt werden wird, Epoche machend war. In demselben Jahre erschien Galilei's Himmelsbote oder *Nuncius sidereus*, in welchem die Entdeckungen mitgetheilt wurden, die Galilei mit seinem neu erfundenen Fernrohre gemacht hatte, — Entdeckungen, welche für die Astronomie mindestens von derselben Wichtigkeit waren, wie die Entdeckung Amerika's, des Seeweges nach Ostindien und Magelhaens Weltumsegelung ein Jahrhundert früher für die Erdkunde gewesen

waren. Da ich später Galilei's Forschungen ausführlich behandeln werde, so erwähne ich hier nur die Entdeckung der Mondberge, der Sonnenflecken, des ersten Trabanten oder Mondes des Jupiter und des Saturnringes. Kepler war hoch erfreut über Galilei's Erfindung seines neuen Fernrohrs und die dadurch möglich gewordenen Entdeckungen und drückte seine Freude im Jahre 1610 in einem lateinischen Sendschreiben an Galilei aus. Im August desselben Jahres erhielt er durch den Kurfürsten und Erzbischof von Köln, einen bayerischen Prinzen, ein Galilei'sches Fernrohr und konnte nun selbst die »neue joviale*) Welt«, d. h. die vier Trabanten des Jupiter beobachten. Der Gebrauch dieses Fernrohrs führte ihn zur Abfassung eines Werkes über Optik, »Dioptrik« betitelt, in welchem er das Princip eines eigenen Fernrohrs, des »astronomischen«, aufstellte.

Der erste Erfinder eines Fernrohrs ist nicht zu ermitteln. Die ersten Fernrohre wurden in Holland verfertigt und zu sehr hohen Preisen verkauft. Galilei errieth ihre Einrichtung, worauf er selbst ein weit besseres verfertigte. Diese ältesten holländischen oder Galileischen Fernrohre haben eine convexe Objectiv- und eine concave Ocularlinse, welche um die Differenz ihrer Brenn- und Zerstreuungsweite von einander entfernt sind. Ihr Rohr hat daher nur geringe Länge. In der Astronomie sind diese durch weit bessere Instrumente verdrängt worden, dagegen sind sie als Operngucker und Feldstecher noch im Gebrauche. Das astronomische oder Kepler'sche Fernrohr hat eine convexe Objectiv- und Ocularlinse, welche um die Summe ihrer Brennweiten von einander entfernt sind. Die Objectivlinse erzeugt innerhalb des Rohres, dessen Wände geschwärzt sind, wie in einer camera obscura, ein verkehrtes und verkleinertes Bild, das durch die Ocularlinse, wie durch eine Lupe betrachtet, vergrößert, aber verkehrt erblickt wird. Kepler gab diese Construction an und der Pater Scheiner verfertigte darnach zuerst ein Fernrohr zu astronomischen Zwecken.

Mit dieser freudigen schöpferischen Thätigkeit Kepler's bildete seine Geldnoth einen traurigen Contrast, denn von seiner Besoldung erhielt er bei der stetigen Ebbe in der kaiserlichen Kasse so wenig, daß seine

---

*) Jovial, abgeleitet von Jupiter, im Genitiv: Jovis, »sich auf Jupiter beziehend.« Macrobius nennt den Planeten Jupiter: Jovialis stella.

Besoldungsrückstände, — bei 500 Gulden jährlichem Gehalte, — auf 4000 Gulden anschwollen. Dazu kam das traurige Ende des schwachen Kaisers Rudolph, welches auch für Kepler verhängnißvoll wurde. Im Jahre 1606 erklärte ein habsburgischer Familienrath des Kaisers Bruder Matthias zum Haupte des österreichischen Hauses und 1608 wurde Rudolph durch Kriegsmacht gezwungen, Ungarn, Mähren und Oesterreich an Matthias abzutreten. In dieser Zeit drangen die Jesuiten unter bayerischem Schutze in Süddeutschland gegen die Protestanten, besonders in den freien Reichsstädten, vor, weßhalb 1608 ein Theil der evangelischen Fürsten die sogenannte evangelische Union, die katholischen dagegen die katholische Liga stifteten. Im Jahre 1611 drang Erzherzog Matthias mit Kriegsmacht in Böhmen ein und setzte in Prag die böhmische Königskrone auf sein Haupt. Kepler blieb bei dem in Prag gefangenen Kaiser bis zu dessen Tode im Januar 1612. Zwar wurde er vom Kaiser Matthias in seinem Amte bestätigt, da er aber wegen der Leere der kaiserlichen Kasse keine Besoldung erhielt, so nahm er die Stelle als Gymnasial-Professor in Linz an, welche die Stände Oberösterreichs ihm schon das Jahr zuvor angetragen hatten.

Kurz vorher hatte Kepler seinen siebenjährigen Sohn an den Pocken, seine Frau am Typhus verloren.

21. Capitel.

Kepler in Linz.

Auch der nun folgende zwölfjährige Aufenthalt Kepler's in Linz war reich an Widerwärtigkeiten, dennoch arbeitete er an den Rudolphinischen Tafeln fort, verfaßte zahlreiche astronomische Schriften und berechnete Logarithmentafeln.

Vergeblich hatte Kepler im Jahre 1608 wegen der Prager Wirren den Herzog Johann Friedrich von Württemberg um eine Professur in Tübingen gebeten, aber in Folge der Verhandlungen 1609 es für seine Pflicht gehalten, den Herzog in einem Schreiben in Kenntniß zu setzen, daß er durch seine abweichenden Ansichten von der Abendmahlslehre verhindert werde, die Concordienformel unbedingt zu unterschreiben, was von ihm im Falle der Anstellung in Tübingen gefordert wurde. Zugleich hatte er den Wunsch ausgesprochen, daß bei der immer mehr

drohenden Gefahr von Seiten der unter sich einigen Katholiken die Lutheraner minder scharf und heftig gegen die Reformirten und Calvinisten auftreten möchten. Durch diese Ehrlichkeit und Offenheit wurde ihm aber nicht nur jede Hoffnung auf eine Anstellung in seinem engeren Vaterlande geraubt, sondern die Württemberger Theologen verfolgten ihn auch deßhalb mit ihrem Hasse und verdächtigten ihn des Calvinismus. Als darauf Kepler 1612 nach Linz kam, forderte der dortige evangelische Oberpfarrer Hitzler oder Hirzel, ein Tübinger Theologe, daß Kepler die Concordienformel unterschreibe, wenn er zum Abendmahle zugelassen werden wolle. Vergeblich beklagte sich Kepler beim Württemberger Consistorium, welches mit der Tübinger Facultät in der Verdammung Kepler's übereinstimmte, lediglich, weil dieser an die Gegenwart des Fleisches Christi im Abendmahle nicht glauben konnte und nicht heucheln wollte.

Im Jahre 1613 erschien Kepler mit dem Kaiser Matthias auf dem Reichstage zu Regensburg, um für die allgemeine Einführung des gregorianischen Kalenders zu sprechen, allein diese scheiterte am Widerspruche der evangelischen Stände, deren Theologen die wirkliche Verbesserung für Teufelswerk erklärten, mit dessen Einführung sie der Papst als der Antichrist bestricken wollte. Nach der Rückkehr von Regensburg feierte Kepler am 30. October 1613 seine zweite Hochzeit mit einer »landeseingebornen Jungfrau« Susanna, der verwaisten Tochter des Bürgers Reuttinger aus Efferding, welche damals 24 Jahre alt war. Indessen starben die Kinder aus dieser zweiten glücklichen Ehe im Kindesalter theils vor, theils bald nach Kepler's Tode.

Die reiche Weinernte dieses Herbstes in Oesterreich veranlaßte auch Kepler, sein Haus mit dem nöthigen Trank zu versehen, da der Wein in ungeheuren Quantitäten nach Linz zum Verkauf gebracht wurde. Die Art und Weise, wie man beim Verkaufe mit der Visirruthe den Inhalt der Fässer bestimmte, wurde für ihn ein Anlaß, das bisher beim Visiren übliche Verfahren zu prüfen. Diese Untersuchung erweiterte sich nicht nur zu einer Ergänzung der Stereometrie des Archimedes, sondern es führte ihn die dabei angewandte Methode zu den Anfängen der Infinitesimalrechnung und der höheren Geometrie, welche einen großen Einfluß auf die gegen Ende des 17. Jahrhunderts erfolgte großartige Umgestaltung der Mathematik hatten.

Im Jahre 1617 erhielt Kepler einen Ruf als Professor der Mathematik in Bologna an Magini's Stelle, der bis zu seinem Tode mit Kepler befreundet gewesen war. Kepler lehnte ab. In seinem Antwortschreiben heißt es: »Nach Abstammung und Gesinnung bin ich ein Deutscher, in die deutschen Sitten und Lebensbedürfnisse eingelebt, so daß auch, wenn der Kaiser mich entlassen sollte, ich eine Uebersiedelung nach Italien für verhängnißvoll halten müßte; dazu kommt, daß ich, der ich bisher ein Deutscher unter Deutschen gelebt habe, eine Freiheit in Benehmen und Rede gewohnt bin, die in Italien nur fremdartig erscheinen und mir Gefahr bringen könnte.« Hiermit meinte er, wie aus einer ausgestrichenen Stelle des uns erhaltenen Concepts hervorgeht, die deutsch-protestantische Redefreiheit gegenüber der Inquisition der päpstlichen Curie. Diese Freiheit wollte er nicht aufgeben, obwohl er in der größten Geldnoth war, denn unter Kaiser Matthias blieb seine Besoldung ganz aus, so viel Reisen er auch deßhalb nach Prag und Wien zum Kaiser, so wie nach den Reichsstädten machte, auf welche er vom Kaiser Zahlungsmandate erhielt, die aber nicht respectirt wurden. Er mußte sich daher des Leibes Nothdurft durch Kalender mit Prognostikon verdienen, worüber er in einem Briefe sagt: »was wenig honetter ist, als betteln, außer, daß dabei die Ehre des Kaisers geschont wird, welcher mich gänzlich im Stiche läßt und bei dessen Kammerbefehlen ich verhungern müßte.«

Zu den vielen amtlichen Reisen, welche Kepler, um seine Besoldung zu erhalten, unternehmen mußte, kamen auch Reisen nach Württemberg, welche die Rettung seiner Mutter nöthig machte. Am Ende des Jahres 1615 war diese von einer ehemaligen Freundin, »der Reinboldin«, der jene ihren unsittlichen Lebenswandel in wahrscheinlich nicht sehr friedlicher Weise vorgeworfen, der Hexerei beschuldigt worden. Die Mutter, unvorsichtig und heftig, mochte Manches gethan und gesprochen haben, was nach dem damaligen Aberglauben den erhobenen Verdacht verstärken konnte. Sie erhob eine Injurienklage; der Sohn eilte zu ihr, um in Verbindung mit seinen Freunden, namentlich dem Kanzler Besold, die Sache beizulegen. Allein der schurkische Vogt Einhorn von Leonberg zog die Sache hin, und nachdem Kepler 1619 durch den Tod des Kaisers Matthias die überall imponirende Würde eines kaiserlichen Mathematikus verloren, schlug der Proceß in einen förmlichen Hexenproceß gegen Katharina Kepler um.

Sie wurde 1620 verhaftet und erst zu Leonberg, dann zu Güglingen eingekerkert. Es kam bis zur Territion, d. h. zur Vorzeigung der Marterinstrumente durch den Henker. Als aber Katharina standhaft ihre Unschuld behauptete, so gelang es der mündlichen und schriftlichen Vertheidigung des Sohnes, der deßhalb 15 Monate in Württemberg verweilte, seine Mutter nicht nur von der wirklichen Anwendung der Folter zu befreien, sondern auch, zu großer Verwunderung der Leonberger, ihre Freisprechung zu bewirken. Dabei durfte Kepler nicht einmal die Lehre vom Teufel antasten, da er nach der Ansicht jener Zeit auch Christus würde geleugnet haben, der als Sohn Gottes nur auf die Erde gesandt war, um die Werke des Teufels zu zerstören. Die Vertheidigung beschränkte sich daher lediglich auf die Entkräftigung der Indicien, wobei er besonders darauf aufmerksam machte, wie leicht es der Bosheit der Ankläger gelingen könnte, Justizmorde herbeizuführen, wenn die Gerichte nicht vorsichtig wären und nur auf die zwingendsten Beweise hin zum Aeußersten vorgingen. Die unglückliche Frau starb bald nach der Entlassung aus dem Gefängnisse.

In den sechs Jahren während dieser Bedrängniß seiner Mutter schrieb Kepler sein berühmtes Werk: »die Weltharmonik«, welches er dem Könige Jakob I von England widmete. Eine Einladung nach England lehnte er aber ab, weil er nicht als Undankbarer sein Vaterland verlassen könnte.

Im Jahre 1618 erschienen zwei Kometen, von denen der zweite ein ausgezeichnet schöner und großer war. In seinen gleichzeitig mit der Weltharmonik erschienenen Drei Büchern über die Kometen erklärt er die Kometen für Meteore des Sonnensystems, d. h. des die Planetenräume erfüllenden Aethers, welcher davon wimmele, wie das Meer von Fischen. Wenn der Schweif eines Kometen die Erde streife oder von dieser ganz traversiret werde, so erscheine der Komet nicht mehr als Schweifstern, sondern in Form eines Brandes bei Nacht, oder eines Nebels bei Tag. Diese Vermuthung Kepler's ist in unserem Jahrhundert wiederholt bestätigt, am schönsten durch den herrlichen Sternschnuppenfall am 27. November 1872.

Von 1618—1621 erschien Kepler's nach damaliger Sitte in Frage und Antwort abgefaßtes Lehrbuch der Astronomie in drei Theilen, sphärische, theorische und physische Astronomie benannt, welche Eintheilung sich bis heute erhalten hat. Die sphärische oder auch

empirische Astronomie betrachtet den Himmel, wie er sich den Sinnen als Hohlkugel oder Sphära darstellt, die sphärischen Linien oder Kreise und alle Gegenstände, welche am Himmel wahrgenommen werden, als: Fixsterne, Planeten, Trabanten, Kometen, Milchstraße, Nebelflecke u. s. w. Die theorische oder theoretische Astronomie zeigt mit Hülfe der Mathematik die Nothwendigkeit der Erscheinungen und lehrt ihre Vorausbestimmung. Die physische oder auch praktische Astronomie lehrt die Hülfsmittel zur Anstellung genauer Beobachtungen kennen und wird zur angewandten durch ihre Anwendung auf Zeitkunde, Erdmessung u. s. w. An dieses Werk schlossen sich Kepler's astronomische Jahrbücher oder Ephemeriden*) an, bei deren Berechnung er zum ersten Male die Logarithmen gebrauchte. Diese Ephemeriden widmete er dem schottischen Erfinder der Logarithmen, Neper.

Die Erfindung der Logarithmen ist für die Entwickelung der Mathematik und mittelbar der Naturwissenschaften eben so wichtig gewesen, als in unserem Jahrhundert für Industrie und Verkehr jeder Art die Einführung der Dampfmaschinen und Eisenbahnen und die Erfindung der elektrischen Telegraphen zusammengenommen, denn ohne die Logarithmen würde die Mathematik gleichsam in ihren Windeln stecken geblieben sein. Im Jahre 1614 gab John Napier, Baron von Merchiston, gewöhnlich Neper oder Nepper genannt, ein Werk heraus, betitelt: »*Mirifici logarithmorum canonis descriptio*«, welches Kepler 1618 kennen lernte. Sofort behandelte er die Theorie dieses neuen Recheninstruments, wobei er zugleich nachwies, daß der Schweizer Jobst Bürgi oder Justus Byrgius, damals Hofmechanikus des Landgrafen Wilhelm von Hessen, später des Kaisers zu Prag, gleich verdient durch die Anfertigung ausgezeichneter astronomischer Instrumente, wie durch Anstellung von zuverlässigen astronomischen Beobachtungen, schon vor Neper Logarithmentafeln berechnet habe. Die ursprüngliche Verbindung geometrischer und arithmetischer Reihen soll jedoch von Archimedes herrühren, und die erste Idee der Logarithmen, nicht aber die Berechnung der Tafeln, haben wir dem 1567 zu Jena verstorbenen Mathematikus Michael Siefel, einem gebornen Eßlinger, zu ver-

*) Vom griechischen Worte ἡμέρα (hemera), Tag, abgeleitet, weil sie für jeden Tag die Lage der beweglichen Gestirne am Himmel angeben.

danken, der zugleich nachwies, daß in der Logarithmenrechnung die Multiplication und Division durch Addition und Subtraction, die Potenzirung und Wurzelausziehung durch Multiplication und Division bewirkt werde. Manche Mathematiker, wie Moestlin, hatten vor dieser neuen Erfindung eben solche Scheu, wie zu unserer Zeit mancher Bauer und Bürger beim ersten Anblick einer sich bewegenden Locomotive. Kepler aber stellte die Theorie der Logarithmen auf und gab sie mit einer kleinen Logarithmentafel 1624 heraus.

Als dies geschah, hatte der von den Jesuiten angezettelte dreißigjährige Krieg schon sechs Jahre gedauert und war durch den Zelotismus der Lutheraner, welche den Reformirten jede Unterstützung entzogen, für unser Vaterland so verhängnißvoll geworden. Der reformirte Churfürst Friedrich von der Pfalz unterlag am 8. November 1620 in der Schlacht auf dem weißen Berge bei Prag der katholischen Liga und mit Feuer und Schwert wurde darauf der Protestantismus in allen österreichischen Ländern ausgerottet. Tilly, der Feldherr der Liga, verfuhr nach der Besetzung von Linz mit den österreichischen Ständen, wie der berühmte Geschichtsschreiber Schlosser sagt, ärger, als mit den Türken. In dieser Zeit war Kepler wegen des Hexenprocesses in Württemberg; er kehrte jedoch nach dem Abzuge der Bayern nach Linz zurück. Im Jahre 1625 begann, wie früher in Steiermark, die Protestantenverfolgung in Oberösterreich. Durch das kaiserliche Reformationspatent wurden alle protestantischen Prediger und Lehrer ausgewiesen, der Besuch nicht-katholischer Schulen bei schwerer Strafe verboten und Ostern 1626 als der Termin gesetzt, bis zu welchem die Protestanten sich entweder bekehren oder auswandern sollten. In Folge dieser Gewaltmaßregeln erhoben sich die Bewohner, denn fast die ganze Bevölkerung war protestantisch; sie wurden aber nach der Eroberung von Linz, das erst nach langwieriger Belagerung von der Liga genommen wurde, nur noch ärger verfolgt. Kepler hätte zwar als kaiserlicher Mathematikus eine Ausnahmestellung erlangen können, er erbat sich aber die Erlaubniß, die Rudolphinischen Tafeln, welche jetzt mit Hülfe der Logarithmen beendigt waren, an einem ruhigeren Orte drucken lassen zu dürfen.

22. Capitel.

Kepler's Lebensende. Die drei Kepler'schen Gesetze.

Im November 1626 verließ Kepler Linz für immer; seine Familie brachte er in Regensburg unter, er selbst zog wegen des Druckes seiner Tafeln nach Ulm. Schon im Jahre 1627 wurde dieser vollendet. Bei Uebersendung des Werkes an den Kaiser bat er um Auszahlung seiner Besoldung und des Rückstandes, der nunmehr 12000 Gulden betrug. Der Kaiser Ferdinand II wies ihn an Wallenstein, der nach Besiegung der Protestanten unter König Christian IV von Dänemark bei Lutter am Barenberge und des Grafen Mansfeld an der Dessauer Brücke 1626 zum Herzog von Mecklenburg ernannt war. Wallenstein, der seit 1608 in Beziehung zu Kepler gestanden, versprach die Gelder auszuzahlen, und lud ihn nach Sagan ein. Dorthin reiste Kepler im Juli 1628 und legte daselbst, nachdem er seine Zifferlettern von Ulm erhalten, eine Druckerei an, in welcher die Ephemeriden für die Jahre 1621—1636 gedruckt wurden. Im Jahre 1629 erließ er an die Astronomen einen Aufruf wegen der seltenen und wunderbaren Phänomene, die im Jahre 1631 bevorstanden, nämlich der Vorübergänge des Mercur und der Venus vor der Sonnenscheibe, eine Erscheinung, welche bis dahin nie beobachtet war.

Diese Vorübergänge, gewöhnlich Durchgänge genannt, finden statt, wenn die Mittelpunkte der Erde, der Sonne und des betreffenden Planeten nahezu in einer geraden Linie sich befinden. Sie sind analog den Sonnenfinsternissen, nur daß bei der weit geringeren Entfernung des Mondes von der Erde die Sonnenfinsterniß eine totale wird, wenn die Spitze des Kernschattenkegels des Mondes die Erde erreicht, bei größerer Entfernung aber, wenn die Spitze des Kernschattenkegels die Erde nicht erreicht, eine ringförmige wird. Bei dem Durchgange bewegt sich dann der Planet, Mercur oder Venus, wie ein kleiner, schwarzer, runder Fleck, Venus etwa $1/30$, Mercur $1/250$ des Sonnendurchmessers deckend, in einigen Stunden von Ost nach West an der Sonnenscheibe vorüber. Bei der kürzeren Umlaufszeit des Mercur kommt dessen Durchgang weit häufiger vor, als der der Venus, in einem Jahrhundert 13—14mal, und zwar, wenn der Mercur nahe dem aufsteigenden Knoten, im Mai, — wenn nahe dem nieder-

steigendem Knoten, im November. Der Durchgang der Venus ereignet sich immer um den 4. Juni für den aufsteigenden, um den 5. December für den niedersteigenden Knoten. Die beiden letzten Durchgänge der Venus fanden 1761 und 1769 statt. Um den letzteren von sehr entfernten Punkten der Erde aus zu beobachten, wurde der Schiffscapitän Cook mit den Naturforschern Banks und Solander von der englischen Regierung nach der Südsee gesandt. Diese Expedition wurde die Veranlassung zur Entdeckung Australiens. Die beiden nächsten Durchgänge der Venus finden nach Littrow am 9. December 1874 um $14^h 18'$ Morgens und am 6. December 1882 statt. Schon lange haben die Vorbereitungen der Astronomen zur Beobachtung des diesjährigen Durchganges der Venus begonnen, da aus diesen Beobachtungen die Entfernung der Erde von der Sonne genauer bestimmt werden kann.*) Der dritte bevorstehende Durchgang findet erst am 8. Juni 2004 statt, wird also von keinem jetzt lebenden Menschen beobachtet werden können.

Kepler erlebte den von ihm angekündigten Durchgang nicht mehr. Da Wallenstein die versprochene Zahlung nicht leistete, so reiste Kepler im October 1630 nach Regensburg zum Reichstage. Ermüdet von der Reise, die er wie gewöhnlich zu Pferde gemacht, erkrankte er wenige Tage nach seiner Ankunft in Regensburg an einem hitzigen Fieber und starb am 15. November 1630, im 59. Jahre seines Alters.

Kepler's Leben zeigt uns den Kampf eines der edelsten Männer für die Freiheit des Geistes, sowohl gegen die Bekehrungs- und Verfolgungssucht der Jesuiten, als auch gegen den Zelotismus der lutherischen Theologen, weil er dem Dogma von der Allgegenwart des Leibes Christi seine Vernunft nicht gefangen geben und den Haß gegen die calvinistischen Brüder nicht theilen kann. Wir sehen sogar, wie er mit der tiefsten Entmenschlichung, welche die Weltgeschichte kennt, mit dem Hexenprocesse, — in persönlichen Conflict kommt und so gegen eine dogmatische und juridische Satzung kämpfen muß, welche damals die allgemeinste Annahme gefunden hatte. Daneben aber der stete Kampf mit der Noth. Aber dies Alles überwand er, indem er mit

*) Wie die Zeitungen berichtet haben, ist der Durchgang der Venus in der Nacht vom 8. zum 9. December 1874 auf den meisten Stationen mit Erfolg beobachtet worden, die aus diesen Beobachtungen hervorgehenden wissenschaftlichen Resultate haben jedoch noch nicht veröffentlicht werden können.

den Gaben des feinen, wahrhaft gebildeten Geistes die innere Freiheit des Gedankens verband. Ueberblicken wir Alles, was dieser große Geist geleistet hat, so müssen wir ihm eine Universalität zugestehen, wie sie in den hervorragendsten Männern anderer Zeiten nicht bedeutender hervortritt. Wollten wir Kepler mit Alexander von Humboldt vergleichen, so können wir beide als ebenbürtig in der Universalität betrachten, müssen aber Kepler die bedeutend größere schöpferische Kraft zuerkennen. Es ist unmöglich, hier alles das zu erwähnen, was Kepler ungeachtet aller bei andern Menschen die Denk- und Arbeitskraft lähmenden Widerwärtigkeiten geleistet hat. Wir begnügen uns mit der Darstellung der nach ihm benannten drei Kepler'schen Gesetze.

1) Die Planeten, ebenso die Erde, ein Planet, bewegen sich nicht in Kreisen, sondern in Ellipsen um die Sonne.
2) Sie bewegen sich nicht mit gleichmäßiger, sondern mit ungleichmäßiger Geschwindigkeit, die in der Sonnennähe am größten, in der Sonnenferne am geringsten ist, so daß die zu den Bogen gleicher Zeiten gehörigen Sectoren einander gleich sind. Mit diesem Gesetze war auch die Ungleichheit der Länge der Sonnentage, die Unmöglichkeit, daß Räderuhren die Sonnenzeit richtig angeben können, und die Einführung der mittleren Zeit dargethan.
3) Die Quadrate der Umlaufszeiten der Planeten verhalten sich wie die Kuben der Entfernungen.

Diese drei Gesetze wurden das Fundament der Astronomie der nun folgenden Zeit.

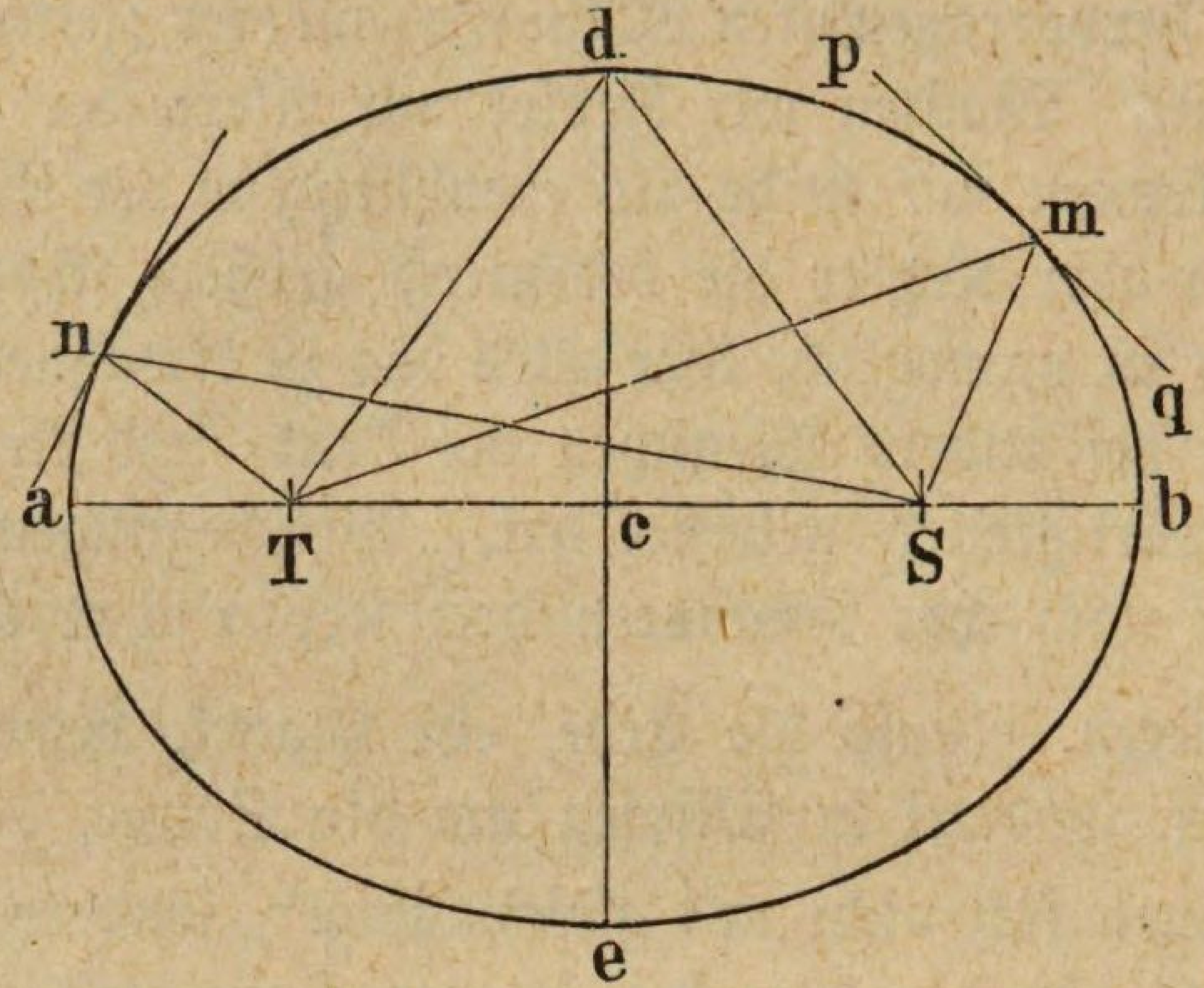
4. Schaltcapitel.

Ellipse. Zweites Kepler'sches Gesetz. Wahre und mittlere Zeit.

So wie der Kreis diejenige in sich selbst zurückkehrende krumme Linie ist, deren jeder Punkt von einem inneren Punkte, dem Mittelpunkte oder Centrum gleich weit entfernt ist, so ist die Ellipse diejenige krumme Linie, deren jeder Punkt von zwei inneren Punkten T und S (Fig. 17 auf folg. S.), den Brennpunkten, gleich weit entfernt ist. $nT + nS = dT + dS$, $mT + mS = bT + bS = ab$. Die durch beide Brennpunkte gehende Linie ab heißt die große Axe, die auf ihrer Mitte stehende Senkrechte de die kleine Axe, der

Abstand der Brennpunkt TS die *Brennweite*; die von einem beliebigen Punkte n nach den Brennpunkten gezogenen Linien nT und

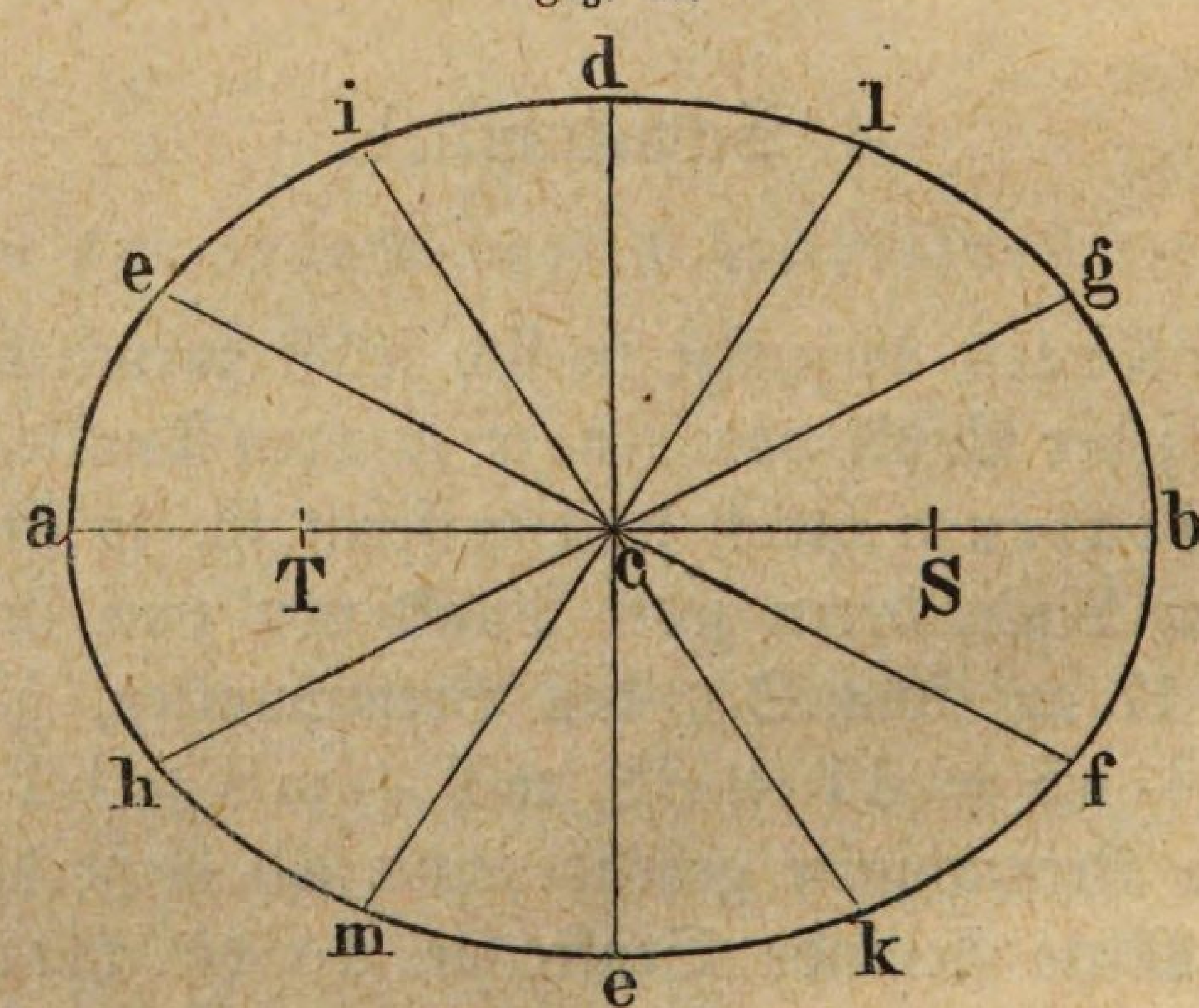
Fig. 17.



nS *Leitstrahlen* oder *radii vectores*. In jeder Ellipse ist die Summe je zweier Leitstrahlen gleich der großen Axe. Man kann daher eine Ellipse zeichnen, wenn man die Enden einer Schnur, deren Länge gleich der großen Axe ist, durch Schleifen so mit zwei in den Brennpunkten befindlichen Pflöcken oder Stiften verbindet, daß die durch einen dritten Pflock angespannte Schnur, ohne aufgewickelt zu werden, um beide Brennpunkte herumbewegt werden kann.

Jede durch den Mittelpunkt gezogene Gerade heißt *Durchmesser*. (Fig. 18.) Im Kreise sind alle Durchmesser gleich, in der Ellipse nur

Fig. 18.

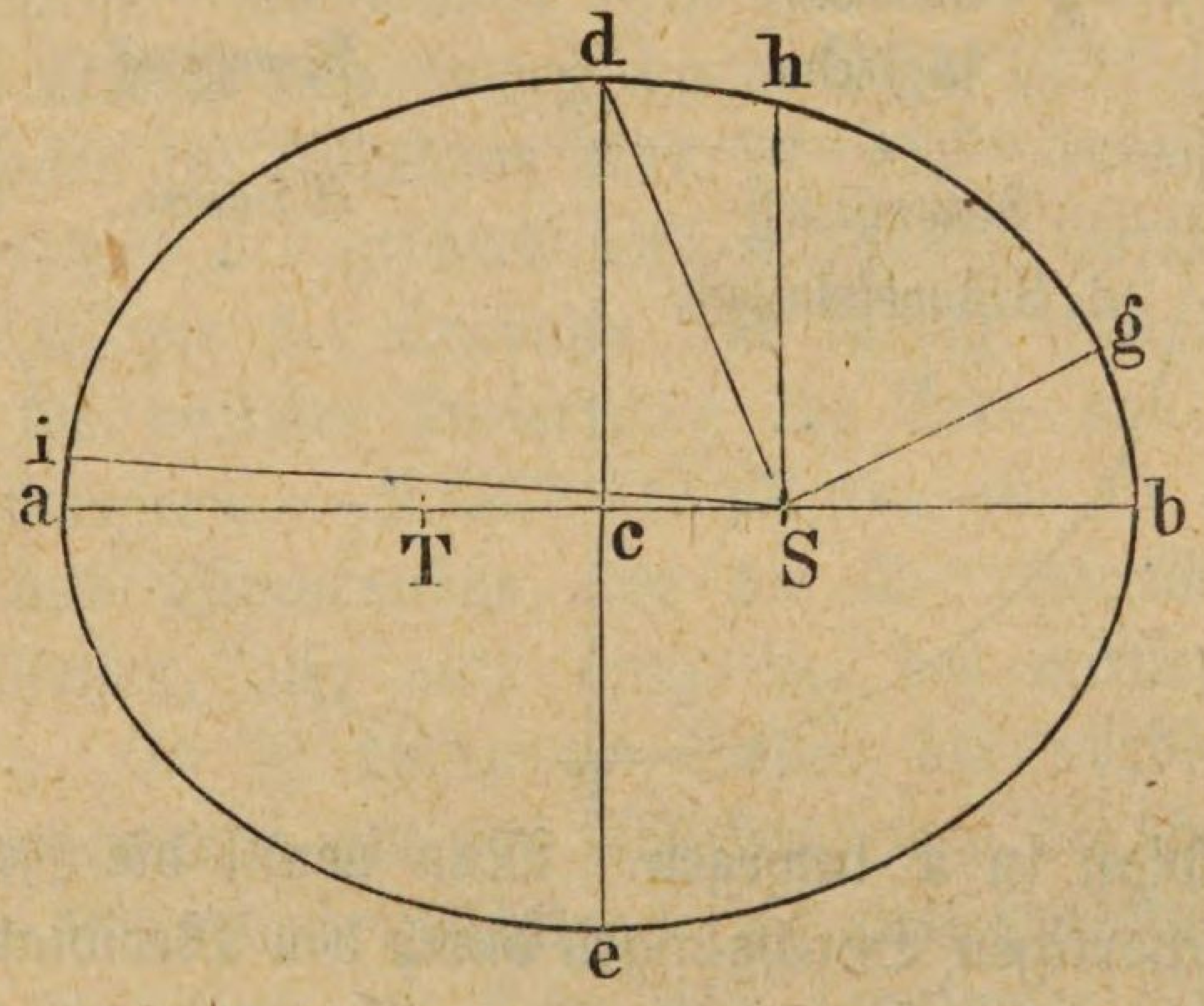


je zwei, welche mit der großen Axe gleiche Winkel bilden, ef = gh; ik = lm. Die große Axe ist der größte, die kleine Axe der kleinste Durchmesser der Ellipse. Je größer der Unterschied dieser oder je größer die Excentricität, um desto mehr weicht die Ellipse vom Kreise ab und umgekehrt.

Jede Tangente oder Berührende macht mit den beiden Leitstrahlen gleiche Winkel, pmS = Smq (Fig. 17). Denken wir uns daher einen hohlen Raum, der durch Umdrehung der Ellipse um die große Axe entstanden ist, so werden von dieser Gewölbefläche alle von S ausgehenden Licht- oder Schallstrahlen in T wieder vereinigt werden.

Nach dem zweiten Kepler'schen Gesetze bewegen sich die Planeten, wie auch die Erde in Ellipsen so um die Sonne, daß diese nicht im Mittelpunkte c, sondern im einen Brennpunkte S (Fig. 19) sich befindet.

Fig. 19.

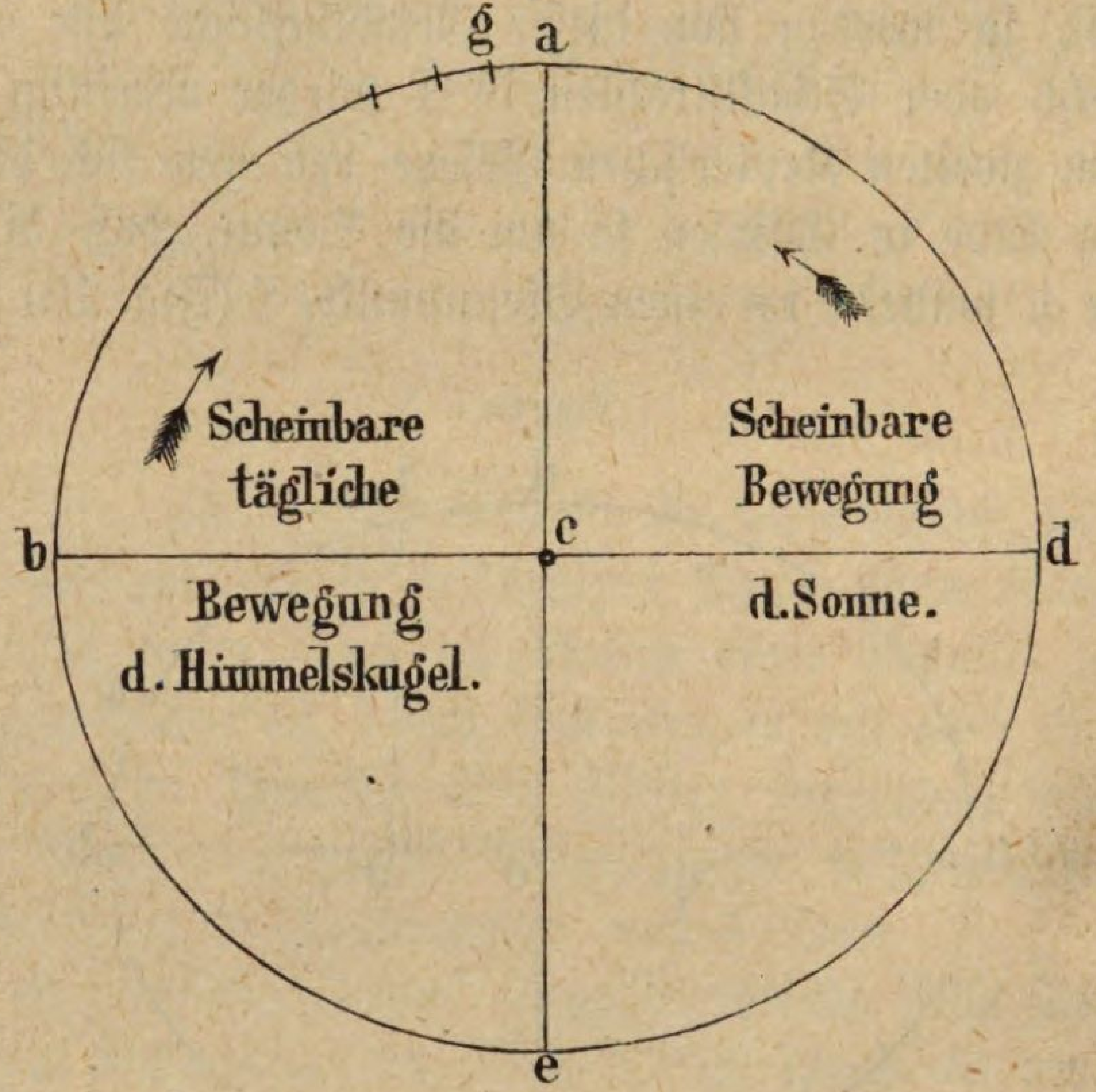


Der Punkt b, in welchem der Planet der Sonne am nächsten ist, heißt Sonnennähe oder *Perihelium*, der Punkt a die Sonnenferne oder *Aphelium*. In der Sonnennähe bewegen sich die Planeten mit der relativ größten Geschwindigkeit, im Aphelium mit der geringsten und zwar so, daß nicht die in gleichen Zeiträumen zurückgelegten Bogen, sondern die zu diesen gehörigen Sectoren, deren Scheitelpunkt in der Sonne S liegt, einander gleich sind. Legt die Erde in der Sonnennähe in derselben Zeit die Bogen bg zurück, in welcher sie in der Nähe der kleinen Axe den Bogen dh, in der Sonnenferne den Bogen ai zurücklegt, so sind die Sectoren oder Ausschnitte gSb, dSh,

a S i einander gleich. Die Sonne bewegt sich scheinbar am Himmel von Osten nach Westen in der Ekliptik mit ungleicher Geschwindigkeit, während die Umdrehung der Erde um ihre Axe oder die scheinbare tägliche Umdrehung der Himmelskugel eine vollkommen gleichmäßige ist.

Bezeichnet der Kreis a b c d (Fig. 20) die Sonnenbahn auf der Himmelskugel, so wird während einer Umdrehung der Erde um ihre Axe ein Fixstern von seinem Standpunkt a über d, e und b sich wieder

Fig. 20.



bis zum Meridian in a bewegen. Man nennt die Zeit, welche zwischen zwei gleichartigen Durchgängen durch den Meridian oder zwischen zwei aufeinander folgenden gleichartigen Culminationen desselben Fixsterns verfließt, einen Sternentag, der in 24 Stunden u. s. w. getheilt wird. Die hiernach bestimmte und durch eine Sternenuhr angegebene Zeit heißt die Sternenzeit. Der Sternentag eines Ortes beginnt mit der Culmination des Widderpunktes.

Wenn die Sonne beim Beginne des Frühlings mit dem Widderpunkte gleichzeitig culminirt, so ist sie am folgenden Tage schon um beinahe 1° weiter nach Osten (bis g) in der Ekliptik vorgerückt, culminirt daher um 4 Zeitminuten später, als der Widderpunkt, nach einem Monat 2 Stunden, nach 3 Monaten um 6 Stunden später u. s. w. Hieraus geht hervor, daß die Culmination des Widderpunktes mit

jedem Tage früher als die der Sonne stattfindet und so alle Tageszeiten in einem Jahre durchläuft. Deßhalb ist die Bestimmung der Sternenuhr unbequem.

Der wahre Sonnentag ist die Zeit, welche zwischen zwei aufeinander folgenden Culminationen der Sonne verfließt und beginnt mit dem Durchgange des Mittelpunktes der Sonne durch den Meridian oder dem wahren Mittag; die hiernach bestimmte Zeit wird die wahre Zeit genannt. Weil aber die Bogen, um welche sich die Sonne täglich in der Ekliptik fortbewegt, in den verschiedenen Theilen der Bahn ungleich sind, am größten in der Nähe des Periheliums, am kleinsten in der Nähe des Apheliums, so sind auch die wahren Sonnentage von verschiedener Länge, und es findet der längste Tag statt, wenn die Sonne im Perihelium, der kürzeste, wenn die Sonne im Aphelium steht. Die Sonne steht im Perihelium am 1. Januar, wo sie in der Ekliptik den Bogen $ag = 1^{0}\,1'\,10{,}1''$ zurücklegt, während dieser Bogen im Aphelium nur $57'\,11{,}5''$ beträgt. Der unbedeutende Unterschied der größten und geringsten Geschwindigkeit zeigt uns, daß die Ellipse der Erdbahn nur wenig vom Kreise abweicht. Man nimmt die mittlere Entfernung der Erde von der Sonne zu 24000 Erdhalbmessern = 20 878 745 Meilen an, den Unterschied der Sonnenferne und Sonnennähe oder die Excentricität ST (Fig. 17) = 701 304 Meilen, also nicht ganz $1/_{30}$ der mittleren Entfernung (genauer $1/_{29,7}$). Es ist daher die Sonne der nördlichen Erdhälfte längere Zeit zugewandt, als der südlichen; weil die Sonne (scheinbar) die Hälfte der Bahn vom Frühlings- bis zum Herbstnachtgleichepunkt, in welche das Aphelium der Erde fällt, langsamer zurücklegt, als die südliche, deren Mittelpunkt das Perihelium ist. Dieser Unterschied, um welchen unser Sommerhalbjahr länger ist, als unser Winterhalbjahr oder das Sommerhalbjahr der südlichen Erdhälfte, beträgt 7 bis 8 Tage. Die Stärke der Erwärmung ist aber für beide Erdhälften gleich. Die nördliche Erdhälfte hat wegen der größeren Entfernung von der Sonne ein längeres aber etwas kühleres Sommerhalbjahr und das Winterhalbjahr ist wegen der Sonnennähe kürzer und etwas wärmer, während auf der südlichen Erdhälfte der Sommer (22. September bis 21. März) kürzer aber wärmer, der Winter länger aber kälter ist. Der Unterschied ist aber wegen der geringen Excentricität der Erdbahn unerheblich. Dieses Verhältniß ist jedoch kein bleibendes,

denn das Perihelium rückt jährlich um 61,7 Bogensecunden in der Ekliptik fort. Da nun 61,7 Bogensecunden nahezu $^1/_{21000}$ der Peripherie oder von 360° ist, so wird das Perihelium in 21000 Jahren die ganze Ekliptik durchlaufen und nach 10500 Jahren das entgegengesetzte Verhältniß eintreten. Im Jahre 1246 p. Chr. fiel die Sonnennähe mit dem Wintersolstitium (21. December) zusammen.

Die ganze Erdbahn hat eine Länge von ungefähr 125$^2/_3$ Millionen Meilen, so daß die Erde in jeder Secunde ungefähr 95000 Fuß zurücklegt, also ihre Geschwindigkeit die einer Kanonenkugel 47mal übertrifft.

Da, wie schon gezeigt, auch die wahre Zeit wegen der ungleichmäßigen Bewegung der Sonne oder wegen der ungleichen Dauer der Sonnentage zur Zeitbestimmung nicht geeignet ist, weil sie nur durch Sonnenuhren, nicht aber durch Räderuhren angegeben werden kann, so denkt man sich eine fingirte Sonne, welche zu gleicher Zeit mit der wirklichen, aber nicht in der Ekliptik, sondern im Aequator und mit gleichförmiger Geschwindigkeit sich bewegt. Darnach wird bald jene wahre, bald diese erdichtete Sonne den Meridian eher erreichen, an vier Tagen des Jahres, am 24. December, 15. April, 15. Juni und 31. August culminiren sie zu gleicher Zeit. Der Unterschied der wahren und der mittleren Zeit heißt die Zeitgleichung. Diese ist positiv im ersten und dritten, negativ im zweiten und vierten der zwischen den oben angegebenen Tagen liegenden Zeitabschnitte. Der größte Unterschied zwischen wahrer und mittlerer Zeit beträgt mehr als 16 Minuten und findet im Anfange des November statt. In den Kalendern ist die Zeitgleichung in einem besonderen Täfelchen angegeben, mit der Bezeichnung mehr statt positiv und weniger statt negativ. Wenn am 21. März die Sonnenuhr Mittag (12 Uhr) angiebt, so ist die Räderuhr auf 7′ 19″ mehr, d. h. auf 12^h 7′ 19″ zu stellen, dagegen am 31. October auf 16′ 16″ weniger, d. h. auf 11^h 43′ 44″. Im ersteren Falle scheint uns nach der bürgerlichen Uhr der Nachmittag länger, im letzteren kürzer zu sein, als der Vormittag.

23. Capitel.

Galilei. Giordano Bruno.

Wir müssen nunmehr als Ergänzung zu Kepler Galilei's Wirksamkeit betrachten, der, das zweite große Licht dieser unglücklichen Zeit,

nicht minder als Kepler von der Verfolgungssucht zu leiden hatte, welche über die Länder Europa's so viel Unglück brachte.

Am Todestage des Michel Angelo Buonarotti, des größten Künstlers Italiens, am 18. Februar 1564 wurde Galileo Galilei zu Pisa geboren, wo sein Vater, ein unbegüterter Edelmann, einen Woll- und Tuchhandel betrieb. Dem Wunsche seines Vaters gemäß widmete er sich an der Universität seiner Vaterstadt dem Studium der Medicin und Philosophie, doch nahm bald das Studium der Mathematik und Naturwissenschaften seine ganze Thätigkeit in Anspruch. Als er einst im Dome zu Pisa dem Gottesdienste beiwohnte, wurde seine Aufmerksamkeit von den Ceremonien des Meßpriesters abgelenkt durch Lampen, welche, vom Winde bewegt bei gleicher Entfernung vom Aufhängepunkte stets Schwingungen von gleicher Zeitdauer machten, mochten die Schwingungsbogen auch von ungleicher Länge sein. Hingen aber schwere Gegenstände an ungleich langen Schnüren, so ergab sich, daß sie auch ungleich lange Schwingungen machten. Durch zahlreiche Versuche gelang es ihm, das Gesetz der Pendelschwingungen aufzufinden, nämlich: daß die Dauer der Schwingungen zweier Pendel sich verhalten wie die Quadratwurzeln aus den Pendellängen. Das Pendel konnte somit als Mittel dienen, kleine Zeitabschnitte zu messen und indem es später mit der durch Gewichte bewegten Räderuhr verbunden wurde, gab es dieser die Regelmäßigkeit der Bewegung und machte sie zum wichtigsten Hülfsmittel für die Astronomie. Im Jahre 1586 erfand Galilei die hydrostatische Wage zur Bestimmung des specifischen Gewichtes der Körper. Da er sich jetzt ausschließlich dem Studium der Mathematik und Naturwissenschaften widmete und seine Schriften allgemeinen Beifall fanden, so wurde er 1589, erst 25 Jahre alt, zum Professor der Mathematik an der Universität Pisa ernannt.

Obwohl das Studium der klassischen Sprachen und Literaturen im letzten Jahrhundert allgemeine Verbreitung gefunden, so herrschte doch auf den katholischen Universitäten immer noch die zu Spitzfindigkeiten ausgeartete Philosophie des Aristoteles, ja es hatte der Autoritätsglaube insofern eine der Fortbildung der Wissenschaften feindselige Ausdehnung erlangt, als man die Philologie und Alterthumskunde als die allein würdige und zur unbedingten Herrschaft berufene Wissenschaft betrachtete, welche den exacten Wissenschaften ihre Gesetze vorschreiben, ihre Grenzen bestimmen müsse. Denn auf dem Wege des

Experimentes sei die Wahrheit nicht zu finden, sondern nur in den Werken der alten Klassiker. Wie die Bibel die einzige Autorität in der Theologie, so sollte Aristoteles in der Physik, Justinian in der Jurisprudenz und Galenus in der Medicin als unumstößliche Norm gelten. Schauet doch noch heute so mancher Stockphilologe mit Verachtung auf die Mathematik und Naturwissenschaft herab und blieb auch in den protestantischen Ländern bis zum Anfang dieses Jahrhunderts der Unterricht in den höheren Lehranstalten hauptsächlich auf das Studium der alten Sprachen beschränkt, bis in den Philantropinen der Basedow'schen Schulen und später in den neu errichteten Realschulen das Studium der Mathematik und der Naturwissenschaften, so wie das der Muttersprache und der neueren Sprachen größere Geltung erhielt. Galilei, der die usurpirte Autorität des Alterthums nicht anerkennen konnte, mußte daher bald mit den Professoren der Pisaner Universität in einen Conflict gerathen, der für ihn um so gefährlicher wurde, als die Mönchsorden, und besonders die Gesellschaft Jesu in diesem Conflict das Richteramt sich anmaßten.

Da bei den Pendelschwingungen die Schwere des Pendelkörpers die bewegende Kraft ist, die Pendelschwingungen aber bei gleicher Pendellänge immer dieselbe Schwingungszeit haben, mag man dazu einen specifisch schwereren Körper, wie Blei, oder einen leichteren, wie Marmor oder Holz wählen, und nur bei letzterem durch den größeren Widerstand der Luft das Pendel in kürzerer Zeit zur Ruhe gelangt, so mußte Galilei zu dem Schlusse kommen, daß alle Körper gleichstark von der Erde angezogen werden und daß die Kugeln von Blei, Stein oder Holz, wenn der Widerstand der Luft beseitigt werden kann, mit gleicher Geschwindigkeit zur Erde fallen müssen. Ebenso mußte er folgern, daß eine Bleikugel von einem Loth mit derselben Geschwindigkeit falle, als eine mehrere Centner schwere. Nach der althergebrachten Lehre des Aristoteles glaubte man aber damals noch allgemein, daß die Fallgeschwindigkeit von dem absoluten Gewichte der Körper abhängig sei, und hielt jede andere Ansicht für ketzerisch. Um dieses zu widerlegen, stellte Galilei vor vielen Zeugen Fallversuche auf dem hohen Thurme von Pisa an, welche die Unrichtigkeit der Ansicht des Aristoteles unbedingt ergaben. Um aber auch das Gesetz der sich steigernden Geschwindigkeit zu finden, was bei der rapiden Zunahme im freien Falle unmöglich war oder nur ungenau ermittelt werden

konnte, ließ er Kugeln auf einer schiefen Ebene, d. h. auf einer mit Pergament ausgelegten Rinne herabgleiten, so daß die Geschwindigkeit des freien Falles durch Verringerung des Winkels, welchen die schiefe Ebene mit der Horizontalen macht, nach Belieben verringert werden konnte. So wurde denn nicht nur mit Evidenz nachgewiesen, daß alle Körper gleichmäßig von der Erde angezogen, mit gleicher Geschwindigkeit zur Erde fallen, wenn kein Hinderniß, wie der Widerstand der Luft, entgegentritt, sondern es wurden auch die Fallgesetze gefunden.*) Je großartiger diese neue Entdeckung war, um desto mehr entbrannte die Wuth seiner Gegner, denn wie die Entdeckung des Kopernikus gegen den gefährdeten krassen Bibelglauben anstieß, so die neue Entdeckung gegen die Unfehlbarkeit der hergebrachten Lehre des Aristoteles. Um den fortan gegen ihn gerichteten Feindseligkeiten zu entgehen, folgte Galilei 1592 dem Rufe als Professor der Mathematik an der Universität Padua, wo er der erste war, der seine Vorlesungen nicht, wie bisher Gesetz war, in lateinischer, sondern in italienischer Sprache hielt. Die Erfindung des Proportionalzirkels, die Untersuchung über das Wesen des Magnetismus, die bereits erwähnte Verbesserung des holländischen Fernrohrs, die mit diesem gemachten Entdeckungen der Jupiters-Trabanten und des Saturnringes, der Sonnenflecke und deren Fortbewegung, woraus er die Axendrehung der Sonne ableitete, die Entdeckung und Berechnung der Höhe der Mondberge, — sind Galilei's großartige Leistungen während seines zwölfjährigen Aufenthaltes in Padua. Im Jahre 1610 wurde er als erster Professor der Mathematik nach Pisa zurückberufen, wo er meist auf dem Lustschlosse *alle Selve* seines Freundes Salviati lebte und seine Untersuchungen über das Schwimmen fester Körper anstellte. Seine astronomischen Beobachtungen waren auch hier von den glänzendsten Erfolgen gekrönt. Durch das Fernrohr entdeckte er die Lichtphasen der Venus, die bei Venus und Mercur ganz dieselben sind, wie beim Monde, nur mit dem Unterschiede, daß die Venus dem unbewaffneten Auge in ihrem größten Glanze erscheint, wenn sie durch das Fernrohr als Sichel erblickt wird.

Wenn das Kopernikanische System richtig ist, so müssen ähnliche Erscheinungen sich auch an den oberen Planeten zeigen, jedoch muß

*) Die Erklärung der Fallgesetze wird weiter unten im 5. Schaltcapitel gegeben werden.

der verfinsterte Theil stets kleiner als die Hälfte der Scheibe und desto kleiner sein, je weiter der Planet von der Sonne entfernt ist. Da nun Galilei durch seine Beobachtungen des Mars dies bestätigt fand, so schrieb er eine Abhandlung über diese neue Bestätigung des Kopernikanischen Systems. Wie gefährlich aber die Lehre des Kopernikus dem Papstthum und den Jesuiten erschien, davon giebt das Ende Bruno's Zeugniß. Giordano Bruno, in der Mitte des 16. Jahrhunderts zu Nola geboren, entfloh, wegen seiner freisinnigen Ansichten und Lehren verfolgt, aus dem Kloster und lehrte dann mit Beifall in Paris und London. Im Jahre 1586 kam er nach Wittenberg, wo er zwar nicht lutherisch wurde, aber doch die Erlaubniß erhielt, Vorlesungen über Mathematik, Physik und Philosophie zu halten. Von 1588—1991 war er in Prag, Helmstädt und Frankfurt a. d. O. und ging dann nach Venedig zurück, wo er wegen der Vertheidigung der Lehre des Kopernikus 1597 von der Inquisition gefangen genommen, nach Rom geschleppt und dort im Jahre 1600 verbrannt wurde.

Ein gleiches Schicksal hätte jetzt Galilei erlitten, wenn es ihm nicht durch die Vermittelung angesehener Gönner gelungen wäre, die Gefahr dadurch zu beschwören, daß er nach Rom reiste und versprach, zur Vertheidigung des Kopernikanischen Systems weder etwas zu schreiben, noch drucken zu lassen. Als er jedoch 1630 eine Schrift herausgab, betitelt: «*Dialogo sopra i duo sistemi del mondo, Tolemaico e Copernico*», in welcher ein Vertheidiger des Ptolemäischen und einer des Kopernikanischen Systems sich unterreden, eine dritte Person aber beide vergleicht, die Sache jedoch unentschieden läßt, — so zog ihm diese Schrift, obwohl die römische Censur den Druck erlaubt hatte, den Haß der Theologen und Philosophen in noch höherem Grade zu. Im Jahre 1633 wurde Galilei vor die Inquisition zu Rom gefordert und nach den Qualen eines elenden Kerkers mußte er knieend Abbitte thun und seine Ansichten über das Weltsystem abschwören. Ob er beim Aufstehen die Worte gesagt hat: «*e pur si muove*», d. h. »und sie bewegt sich doch!« nämlich die Erde, ist nicht erwiesen; daß er es aber gedacht, kann wohl als gewiß angenommen werden.

Nach längerer Gefängnißhaft wurde Galilei, halb erblindet, — das rechte Auge war ganz erblindet, das linke unheilbar geschwächt, — in den Palast des Bischofs von Siena, später nach Arceti bei Florenz verwiesen, wo er ungeachtet seiner höchst mangelhaften Seh-

kraft noch die Schwankungen des Mondes entdeckte und in einer Abhandlung über die Trabanten des Jupiter nachwies, daß die Verfinsterungen dieser Trabanten zu Längenbestimmungen benutzt werden können. Nachdem er in den letzten Jahren seines Lebens noch an Taubheit, Gliederschmerz und Schlaflosigkeit gelitten, starb er am 8. Januar 1642 im beinahe vollendeten 78sten Jahre seines Alters. Erst das zu einem Staate vereinigte Italien hat dem großen Manne in seiner Vaterstadt Pisa ein Denkmal gesetzt, gleichwie erst vor zwei Jahren Kepler ein solches in seiner Vaterstadt Weil erhalten hat.

Ganz unnütz würde die Frage sein, wer von diesen beiden Männern der größere gewesen, denn beide wirkten neben einander neidlos auf verschiedenem Felde, aber sich gegenseitig ergänzend, — Kepler auf dem Gebiete der Mathematik und Astronomie, Galilei mehr auf dem der Physik. Wie Kepler's Gesetze die Grundsteine wurden zur Mechanik des Himmels, so erweiterten Galilei's Leistungen im Gebiete der Optik die Kenntniß des Sonnensystems, seine Fallgesetze brachen der Ballistik die Bahn, endlich wurde das von ihm erfundene Pendel der Anstoß zur Erfindung der für die Astronomie so wichtigen genaueren Zeitmessung durch die Pendeluhren.

Wir müssen hier die Frage aufwerfen, warum die Verfolgung der Kopernikanischen Lehre erst im zweiten Decennium des 16. Jahrhunderts, und dann mit solcher Erbitterung auftrat. In den siebzig Jahren seit des Kopernikus Tode waren zwar viele Gegner des neuen Systems aufgetreten, aber nicht von katholischer Seite allein, — ich erinnere nur an Melanchthon, — und nicht mit der Verfolgungswuth, von der Giordano Bruno und Galilei zu leiden hatten. Allein anfangs war des Kopernikus Lehre nur als Hypothese aufgestellt und die Anhänger derselben traten nur schüchtern für dieselbe auf, weil sie neue Beweise für dieselbe nicht beibringen konnten. Durch Kepler und Galilei wurden aber die ergänzenden Beweise in so evidenter Weise geliefert, daß der Jesuitenorden, der bis dahin vielleicht das Kopernikanische Weltsystem für eine unschädliche Lehre gehalten, jetzt nur noch, da Gegenbeweise sich als ohnmächtig erwiesen haben würden, durch rücksichtslose Gewalt es zu unterdrücken hoffen konnte.

Mit Kepler's Tode hörte Deutschland für längere Zeit auf, der Hort der Astronomie zu sein, denn der 30jährige Krieg zertrümmerte die deutsche Nation und die Reform der Sternenkunde war gleichsam

ihr Schwanengesang. Eine lange Nacht der Barbarei lagert sich über Deutschland, aus der nur Leibnitz als ein Stern erster Größe erglänzt, bis durch Friedrich des Einzigen Geist das Bewußtsein des deutschen Volks wieder erwacht. Auch in Italien konnte Galilei keine Nachfolger haben, da die Inquisition jedes Zeugniß für die Wahrheit, jede freie Forschung mit Kerker und Scheiterhaufen bedrohete.

24. Capitel.

Fortschritte der Naturwissenschaften in Holland.

Auch Holland war von einem langjährigen Kriege heimgesucht, der noch länger als der deutsche Religionskrieg dauerte, aber ganz die entgegengesetzten Folgen, als in Deutschland hatte. Denn Holland erkämpfte seine politische Selbstständigkeit und die Herrschaft zur See, es wurde durch den Welthandel ein reiches blühendes Land. Deutschland wurde dagegen bis ins 19. Jahrhundert hinein der Kampfplatz für alle Nationen, denn Italiener, Franzosen, Spanier, Engländer, Schweden, später auch Russen bekämpften sich auf deutschem Boden. Deutsche kämpften gegen Deutsche, deutsche Fürsten verbanden sich mit den Reichsfeinden gegen den Kaiser, der, jeder wahrhaft deutschen Politik bar, nur seine Hausmacht auf Kosten des deutschen Reiches zu mehren und jede Erstarkung des deutschen Geistes zu hindern suchte. Wie ganz anders in Holland! Hier vereinigte die religiöse und politische Despotie des finstern Königs Philipp II von Spanien ein kleines Volk zu heldenmüthigem Widerstande und ausdauerndem Kampfe, durch welchen bis jetzt nicht geahnte Kräfte entwickelt wurden. Die Revolution schuf eine Seemacht, die bald auf allen Meeren herrschte, und die reichen Früchte des Handels heilten die Wunden, welche der fortdauernde Krieg schlug. Die junge Republik wurde ein Zufluchtsort aller wegen ihrer religiösen und politischen Meinungen Verfolgten, namentlich der aus Frankreich und Belgien flüchtenden Protestanten und der aus Spanien und Portugal vertriebenen Juden. Die Stadt Leyden wurde 1575 für ihre heldenmüthige Vertheidigung von Wilhelm von Oranien durch die Gründung einer Universität belohnt, welche noch vor der Beendigung des Krieges eine der berühmtesten und besuchtesten Europa's wurde. Die See- und Handelsunternehmungen bereicherten nicht nur die Erdkunde, sondern erregten auch die

Neigung zum Studium der Astronomie und der mathematischen Wissenschaften, welche dem praktischen Sinne der Holländer mehr zusagten, als diejenigen Wissenschaften, die nicht so offenbar ihren praktischen Nutzen erkennen lassen. — Mechanik und Hydraulik, bürgerliche und Kriegsbaukunst wurden Lieblingsbeschäftigungen der Holländer. Simon Stevin, der Lehrer des als Feldherr so berühmten Prinzen Moritz von Oranien, eröffnet die Reihe der berühmten Mathematiker Hollands. Als Oberingenieur und Generalquartiermeister des Prinzen trug er wesentlich zu dessen kriegerischen Erfolgen bei. Er ist Verfasser mehrerer Werke der praktischen Mathematik und erfand die Kastenschleusen und Wagen mit Segeln.

Noch bedeutender ist Willebrod Snellius, 1591 zu Leyden geboren, wo er auch Professor der Mathematik wurde, aber schon 1626 starb. Er fand die Gesetze der Strahlenbrechung beim Uebergange aus einem Mittel in ein anderes und unternahm die erste auf richtigen Principien beruhende Gradmessung, bei welcher die Triangulirung von Alkmar nach Leyden und Bergen op Zoom geführt wurde. Der berühmte Arzt Cornelius v. Drebbel, 1572 zu Alkmar geboren, erfand das Thermometer und verbesserte die Teleskope und Mikroskope. Nach dem westphälischen Frieden, der Deutschlands Elend auf lange, lange Zeit besiegelte, stand Holland auf dem Gipfel seiner Macht. Es war im Besitze des Großhandels und des Frachtverkehrs für fast alle europäischen Nationen. Unermeßliche Reichthümer hatten sich angehäuft, auch in den niedrigsten Klassen herrschte eine gewisse Wohlhabenheit. Der Schotte Fletcher, welcher 1698 Holland besuchte, stellte einen Vergleich zwischen seinem Vaterlande und Holland an. In Schottland sah er 200000 Landstreicher, Bettler und Räuber, in Holland Wunder der Industrie, große und prächtige Städte, mit Schiffen angefüllte Häfen, herrliche Wiesen, Aecker und Gärten. Das Land war durchschnitten von zahlreichen Canälen, welche den Binnenverkehr vermittelten, überhaupt fand er die Schiffahrt in rastloser Abwechslung, Handelshäuser, deren tägliche Auszahlungen den ganzen jährlichen Ertrag der schottischen Hochlande übertrafen, eine dichte, aber an angestrengte Arbeit gewöhnte Bevölkerung.

In Holland kamen Wohlhabenheit und Ueberfluß dem Emporblühen der Künste und Wissenschaften zu gute. Die holländische Malerschule zweigte sich von der niederländischen oder belgischen ab

und verfolgte eine mehr naturalistische Richtung. Ihr verdanken wir die bedeutendsten Werke der Portraitmalerei, der Landschaft und der Darstellungen aus dem gewöhnlichen Leben, welche wir jetzt mit dem Namen Genre bezeichnen, so wie eine fast noch nicht wieder erreichte Vollkommenheit der Thier- und Blumenmalerei. Baukunst und Bildhauerkunst verschönerten die Städte und neben der Kunst blühete die Wissenschaft. Spinoza, von einer aus Portugal geflüchteten Judenfamilie abstammend, schuf die speculative Philosophie. Balthasar Bekker, geboren 1634 in Westfriesland, seit 1679 reformirter Prediger in Amsterdam, kämpfte in seinem in alle europäischen Sprachen übersetzten Werke: »Betooverde Wereld,« d. h. bezauberte Welt, gegen die Lehre vom Teufel, die Hexenprocesse und den Gespensterglauben. Im Gebiete der Medicin und Naturwissenschaften sind zahlreiche Namen zu erwähnen: Hermann Boerhave, 1668 zu Leyden geboren, seit 1701 Professor der Medicin, gestorben 1738, wurde der Reformator der Heilkunde; zu seiner Zeit der berühmteste Arzt Europa's, hinterließ er ein Vermögen von 3 Millionen Gulden. Leeuwenhoek, 1632 zu Delft geboren, gestorben 1723, entdeckte mit dem Mikroskop viele unendlich kleine Thiere; Swammerdam, 1637 zu Amsterdam geboren, gestorben 1680, förderte als Naturforscher die Entomologie oder Insectenkunde und verfertigte zuerst Aderpräparate durch Einspritzen von rothem Wachs in die Adern. Friedrich Ruysch, geboren 1638 im Haag, gestorben 1731 zu Amsterdam, glänzte als Botaniker und Anatom. Alle diese überstrahlt aber Christian Huygens, geboren am 14. April 1629, der zweite Sohn des Rathspräsidenten Constantin Huygens, der ein Werk über den Orgelbau geschrieben hat und Objective von großer Brennweite schleifen ließ. Christian studirte in Leyden und Breda, wurde Mitglied der Akademie in Paris und blieb daselbst bis kurze Zeit vor Aufhebung des Edictes von Nantes. — Im Jahre 1681 ging er nach dem Haag zurück, wo er als Privatmann lebte. Ihm verdanken wir die wichtigsten Entdeckungen und Erfindungen im Gebiete der Mathematik und Mechanik, der Optik und Astronomie. Er brachte das Pendel mit der Räderuhr in Verbindung und erfand somit das bisher noch fehlende Instrument zur genauen Zeitmessung; er ergründete und verbesserte die Lehre von der Bewegung, vom Stoße, der Schwungbewegung und den Gesetzen der Centralkräfte; er untersuchte die Gestalt des Saturn und

seines Ringes und entdeckte dessen sechsten Trabanten. Auch ist er der Erfinder des Kreismikrometers beim Fernrohre.

Die Aufgabe der theorischen Astronomie ist es, Regeln oder Formeln für die Bewegung jedes Gestirns zu finden, nach welchen für jede beliebige Zeit aus gegebenen Beobachtungen dessen Lage am Himmel berechnet werden kann. Diese Aufgabe wird als gelöst betrachtet, wenn die Beobachtung mit der Berechnung in dem Grade der Genauigkeit übereinstimmt, welche der Beobachtung durch die Instrumente zugeschrieben werden kann. Diese Genauigkeit hat aber durch Verbesserung der Art und Weise der Beobachtung, durch die künstliche Verstärkung der Sinne, welche die Optik geliefert, und durch Vervollkommnung der Meßinstrumente sich in dem Grade vergrößert, daß eine astronomische Theorie, wie die des Ptolemäus oder Kepler, zwar den bis dahin mit den unvollkommenen Instrumenten gemachten Beobachtungen genügte, nicht aber mehr den Beobachtungen durch die späteren vollkommneren. So fand man den Ort eines Himmelskörpers nach der Kepler'schen Theorie bis auf eine Raumminute genau. Durch die Erfindung der Pendeluhren aber wurde die Genauigkeit bis auf 1″, durch die spätere Verbesserung der Fernrohre und Uhren bis auf $^1/_{10}$″ erreicht. Man fand nun bei der Beobachtung der Planeten Abweichungen, welche sich durch jene Theorie nicht erklären ließen. Diese Abirrungen, lateinisch: *aberrationes*, von der Bahn der Ellipse konnte nicht mehr Beobachtungsfehlern, noch weniger dem Zufall zugeschrieben werden, sondern mußte durch ein Gesetz erklärt werden können. Diese Ungleichheiten, welche bald positiv, bald negativ, d. h. bald nach der einen, bald nach der entgegengesetzten Richtung stattfanden und sich mit der Zeit gegenseitig aufhoben, hatten beim Monde raschere, bei den Planeten desto langsamere Uebergänge, je weiter sie von der Sonne entfernt waren. Es fragte sich, nach welchem Princip die bisherigen Gleichungen zu verbessern waren. Obgleich dies Huygens nicht löste, so führte er doch die Mechanik, die neue Schöpfung Galilei's, in die Sternkunde ein, indem er darauf hinwies, daß die Ursache der Sternbewegung eine mechanische sein müsse. Doch fehlte ihm entweder die Kenntniß der Kepler'schen Gesetze, oder er schrieb diesen zu geringe Wichtigkeit bei, sonst würde er vielleicht erreicht haben, was erst durch Newton ausgeführt werden sollte.

25. Capitel.

Fortschritte der Astronomie in England. Roger Bacon.

Die Kenntniß der Kepleer'schen Gesetze hatte sich rasch in England verbreitet. Bald nach dem Erscheinen des Kepler'schen Werkes über den Mars studirten Heinrich Percy, Graf von Northumberland, und sein Freund, der berühmte Mathematiker und tüchtige Förderer der Algebra, Thomas Harriot, geboren zu Oxford 1560, gestorben 1621 zu London, dieses Werk mit Eifer und Aufmerksamkeit. Jeremias Horrox, durch Selbststudium schon im Jünglingsalter einer der tüchtigsten Mathematiker und Astronomen geworden, seinen Zeitgenossen unbekannt und erst von der Nachwelt anerkannt, war der erste Engländer, der Kepler's Gesetze unbedingt annahm. Er wandte dessen elliptische Theorie auf die Berechnung des Mondes an und lieferte eine Gleichung für die Mondbahn, welche die bisherigen übertraf. Mit seinem Freunde Crabtsee beobachtete er am 4. December 1639 zu Hool bei Liverpool den von ihm allein vorhergesehenen Venusdurchgang, die erste Beobachtung dieses Vorganges. Leider starb er schon am 3. Januar 1641 im 22sten Jahre seines Alters, ein großer Verlust für die Wissenschaft.

Zu den bedeutenden Astronomen Englands gehört John Flammsteed, geboren am 19. August 1646 zu Derby. Ungeachtet seiner körperlichen Schwäche und Kränklichkeit und fast nur Autodidakt, hat er doch für die Astronomie viel geleistet. Im Jahre 1668 wurde er Observator zu Derby, 1674 zu London und 1676 wurde er zum königlichen Astronomen und Director der nach ihm Flamsteedhouse benannten Sternwarte zu Greenwich, welche für eine lange Reihe von Jahren die bedeutendste auf der Erde wurde, ernannt. Er starb am 31. December 1719. Sein Fixsternverzeichniß, vollkommener, als alle früheren, enthielt die Oerter von 2848 Fixsternen. Sein Himmelsatlas erschien 1729 mit 25 und 1753 mit 28 Karten und blieb lange Zeit ein Hauptwerk für die Astronomen.

Es ist im hohen Grade merkwürdig, daß in England nach der blutigen Revolution, welche im Jahre 1649 Karl I Stuart auf das Schaffot brachte und den Verfall der Sitte und der schönen Literatur zur Folge hatte, die große Revolution auf dem Gebiete der Wissen=

schaften statt fand, allein der rege Geist der englischen Nation wurde durch die Restauration der Stuarts gezwungen, der Politik zu entsagen und ein anderes Gebiet der Thätigkeit zu suchen. Die Richtung, welche die Philosophie durch Francis Bacon von Verulam (gestorben 1626) genommen hatte, begünstigte das Studium der Erfahrungswissenschaften, denn der Hauptsatz der Baconischen Philosophie lehrt, daß man nicht durch Speculation, sondern nur durch Versuche und Erfahrung zur Wahrheit gelangen könne. Einige Schüler Bacon's hatten seine Philosophie gepflegt und langsam zur Reife gefördert. Nach der Herstellung der Ruhe fanden deren Schriften größere Theilnahme. Je unpopulärer und gefährlicher es war, unter den Stuarts die Gesetze und Rechte des Königthums zu untersuchen, desto eifriger fragte man nach den Gesetzen der Natur. Die königliche Societät der Wissenschaften, die gleichzeitig mit der Wiederherstellung des Königthums ins Leben trat, wurde der Brennpunkt eines regen wissenschaftlichen Lebens, das sich besonders in den Naturwissenschaften entfaltete. In ganz kurzer Zeit wurde die Physik Lieblingswissenschaft und gleichsam eine Modesache. Physikalische Experimente, Lehren und Träume erfüllten alle Köpfe; Dichter besangen das Herannahen des goldenen Zeitalters und sagten Dinge vorher, die sie selbst nicht verstanden. Neben der königlichen Societät wurde das Nationalobservatorium oder die Sternwarte zu Greenwich, auf welcher Flamsteed und nach ihm Bradley eine lange Reihe von Beobachtungen anstellten, das Fundament der neueren Astronomie.

Die Baconische Philosophie verbreitete die Ueberzeugung, daß dem Menschen der Schlüssel zu den Naturgeheimnissen anvertraut sei, und sie lehrte ihn, diesen Schlüssel zu gebrauchen. Die Phantome des Aberglaubens flohen vor dem Lichte der Vernunft. Man erkannte die Nichtigkeit der Astrologie und der Alchemie oder Goldmacherkunst. Zauberei wurde zum Spott, die Hexenprocesse wurden als Verbrechen gegen die Menschheit erklärt. Die Bibel wurde einer Kritik unterworfen und es wurde Grundsatz, daß nur derjenige Inhalt der Bibel als wahr angenommen werden dürfe, welcher mit der Vernunft übereinstimme und den unumstößlichen Naturgesetzen nicht widerspreche. Um die Kluft zu beseitigen, welche durch die nationalen Antipathien, durch die politischen und religiösen Parteikämpfe, durch die Standesvorurtheile zwischen den Gebildeten entstanden, versammelten sich um

den berühmten Baumeister der Paulskirche Christoph Wren (gestorben 1623) angesehene Männer aus allen Nationen zu einem Bunde, innerhalb dessen jeder Unterschied der Nation, des Standes, der Confession und der politischen Partei aufhörte, um in brüderlichem Zusammenwirken die wahre Humanität zu fördern und für das Wohl der ganzen Menschheit als eines Bundes gleichberechtigter Brüder zu wirken. Der Freimaurerorden verbreitete diese Grundsätze in kurzer Zeit über alle Welttheile und wurde der Vorkämpfer gegen Glaubensdruck, Despotie jeder Art und gegen den Jesuitismus.

Es folgte in dieser Zeit eine Reihe der wichtigsten Entdeckungen und Erfindungen. William Harvey, 1657 als Präsident des Collegiums der Londoner Aerzte gestorben, ergründete den Umlauf des Blutes; Robert Boyle, bis zu seinem im Jahre 1691 erfolgten Tode Präsident der königlichen Societät der Wissenschaften, fand gleichzeitig mit Mariotte die Gesetze der Elasticität der Luft; Hans Sloane, ausgezeichnet als Arzt und Botaniker, machte sich um die Verbesserung des Lazarethwesens verdient und verfaßte eine Flora von Jamaika; 1698 erbauete Theodor Saveri die erste Dampfmaschine. Vor Allem aber nahm die weitere Erforschung des großen Problems, welches Huygens aufgestellt hatte, nämlich die Erklärung der Bewegung der Himmelskörper aus Centralkräften, die Thätigkeit der königlichen Societät in Anspruch. Halley, der als Jüngling auf der Insel St. Helena das Verzeichniß der Sterne der südlichen Himmelskugel aufgenommen und die regelmäßige Wiederkehr des nach ihm benannten Kometen berechnet hatte; John Wallis, Geistlicher und berühmter Mathematiker, der zuerst den Taubstummenunterricht in England eingeführt; — der schon erwähnte Baumeister Christoph Wren, seit 1680 Präsident der königlichen Societät, bemüheten sich vergebens, das Naturgesetz der himmlischen Bewegungen zu finden. Dies war Newton vorbehalten.

26. Capitel.

Newton.

In demselben Jahre, in welchem der schwer geprüfte erblindete Galilei starb, erblickte am Weihnachtstage 1642 Isaac Newton als ein zu früh gebornes, dem Anscheine nach kaum lebensfähiges Kind

das Licht der Welt, ein Kind, dem es beschieden war, den höchsten Ruhm, den wohl je ein Mensch im Gebiete der Wissenschaften erworben, zu erringen. Isaac Newtons Vater war schon fast ein halbes Jahr vorher gestorben, seine Mutter lebte als Wittwe von einem kleinen Erbgute in Woolsthorpe, einem Dorfe der Grafschaft Lincoln. Als diese nach drei Jahren sich wieder verheirathete, wurde Newton seiner Großmutter zur Erziehung übergeben und erst im zwölften Lebensjahr in die Schule des benachbarten Städtchens Grantham geschickt. Als zwei Jahre darauf seine Mutter wieder Wittwe geworden, nahm sie den Sohn zu sich, damit er ihr in der Landwirthschaft helfe. Newton zeigte sich jedoch dazu so ungeeignet, daß er auf Fürsprache seines Oheims wieder in die Schule von Grantham zurückgeschickt wurde. Schon im Knabenalter zeigte er großen Eifer, sich fortzubilden und verrieth ein bedeutendes Talent für Erfindungen im Gebiete der Mechanik. Er verbesserte die Papierdrachen seiner Spielgenossen, verfertigte sich nach dem Vorbilde einer in der Nachbarschaft gebaueten Mühle ein Modell, welches durch eine Maus in Bewegung gesetzt wurde, und construirte, ohne irgend eine Anleitung dazu erhalten zu haben, Sonnenuhren, auch eine Wasseruhr mit Ziffern, welche längere Zeit in Gebrauch gewesen ist. Im achtzehnten Jahre bezog er das Trinity-College der Universität Cambridge, wo er mehr als Autodidact als durch die Vorlesungen der Professoren sich fortbildete und mit Leichtigkeit die größten Schwierigkeiten überwand. Die in Cambridge ausgebrochene Pest zwang ihn, die Universität auf längere Zeit zu verlassen, doch wurden seine Studien dadurch nicht gestört. 1667 wurde er Magister und 1669 erhielt er das Amt eines Professors der Mathematik zu Cambridge. Durch die Herausgabe von Barrow's Optik, an deren Ausarbeitung er großen Antheil gehabt, erlangte er 1671 die Aufnahme in die königliche Societät der Wissenschaften. Seit 1672 erschienen von ihm einzelne Abhandlungen, aber sein erstes und einziges größeres und selbstständiges Werk, die *principia philosophiae naturalis*, gab er erst, nachdem er es 1686 der Societät vorgelegt, 1687 heraus, eine Arbeit, welche die Frucht langjähriger Forschungen war. Es machte so großes Aufsehen, daß von allen Seiten ihm Ehrenbezeugungen erwiesen wurden. Mehr der damit verbundenen einträglichen Besoldung wegen, wie dies bei vielen Aemtern in England der Fall ist, erhielt er 1699 das Amt des königlichen Münzmeisters, und wurde in demselben Jahre

zum auswärtigen Mitgliede der Pariser Akademie ernannt. 1701 wurde er zum ersten Male ins Unterhaus und zum Präsidenten der königlichen Societät gewählt, weßhalb er seine Professur in Cambridge niederlegte und in London seinen Aufenthalt nahm. 1705 erhob ihn die Königin Anna, welcher er Unterricht ertheilt hatte, in den Ritterstand und nach seinem am 20. März 1727 erfolgten Tode wurde ihm die Ehre des Begräbnisses in der Westminster-Abtey zuerkannt. Wie ganz anders ist sein Leben von beglückender Anerkennung erfüllt, als das Kepler's und Galilei's.

Newton ist gleich groß als Mathematiker, Physiker und Optiker, am bedeutendsten aber als theoretischer Astronom. In der Mathematik schuf er die Analysis des Unendlichen, welche er Fluxionsrechnung nannte, früher als Leibnitz, der sie jedoch, ohne Newtons Arbeit zu kennen, erfand und herausgab. In der Physik gab er der Lehre vom Lichte eine bis jetzt noch nicht erschütterte Grundlage, indem er zeigte, daß das Licht nicht einfach sei, sondern zusammengesetzt aus verschiedenen farbigen Lichtstrahlen, roth, orange, gelb, grün, blau, indigo und violett, wie sie im Regenbogen vorkommen; daß der Lichtstrahl jeder Farbe eine verschiedene Brechbarkeit habe, weßhalb bei starker Brechung, wie im dreiseitigen Glasprisma, das sonst weiße Licht im Sonnenbilde in die farbigen Bilder zerlegt werde. Zugleich erfand er den nach ihm benannten Farbenkreisel, durch welchen die Regenbogenfarben wieder zu weiß vereinigt werden.

In den Glaslinsen findet mit der Brechung auch eine Farbenzerstreuung statt, die aber weit geringer, als beim Prisma ist. In der Mitte fallen alle Farben zusammen und bilden weiß, die Farben erscheinen daher nur am Rande, daher der große Uebelstand bei den Fernrohren, daß die Bilder der Gegenstände von einem farbigen Rande umgeben sind, wodurch die Umrisse verwischt werden. Diesen Uebelstand hatte schon der Jesuit Zucchi zu Anfang des 17. Jahrhunderts durch Construction eines Reflectors oder Spiegelteleskops, das aus einem Hohlspiegel und einer Convexlinse als Ocularglas zusammengesetzt war, ebenso der Pater Mersenne durch Einführung zweier parabolischen Spiegel zu beseitigen versucht. Praktischen Erfolg hatten nur folgende drei Reflectoren: Gregory, Professor der Mathematik zu St. Andrews, gestorben 1675, wandte einen in der Mitte durchbohrten Hohlspiegel an, welcher ein physisch verkehrtes

Bild auf einen gegenüberstehenden Hohlspiegel wirft, der wiederum dieses durch die Oeffnung des Spiegels einem Ocularglase zuführt. Der Cassegrain'sche Reflector setzt an die Stelle des kleinen Hohlspiegels einen convexen, — Newton aber nahm einen vollen Hohlspiegel, in dessen Brennpunkte ein kleiner gegen die Axe um 45° geneigter Planspiegel das Bild unter einem rechten Winkel ablenkt, welches dann durch ein Ocularglas als Lupe betrachtet wird. Der Gregory'sche und Cassegrain'sche Reflector sind bequemer als Erdfernrohr, der Newton'sche aber gewährt den großen Vortheil, daß das Auge immer in horizontaler Richtung beobachtet. Neben dem Reflector ist ein kleines dioptrisches Fernrohr, der Sucher, angebracht, dessen Axe mit der des Reflectors parallel läuft, so daß ein Stern, mit dem Sucher erblickt, auch im Gesichtsfelde des Reflectors sich befindet.

Bis zur Erfindung der achromatischen Fernrohre behaupteten die Reflectoren den Vorrang, weil sie ein ungefärbtes und deutliches Bild gaben.

Die hervorragendste Leistung Newton's ist seine Lehre von der Gravitation oder der allgemeinen Anziehungskraft der Materie. Als Begründung stellt er drei Erfahrungssätze auf, deren Beweis er den Metaphysikern überließ, deren Anwendung aber er auf dem Wege der Erfahrung nachwies.

1) Man muß nie mehr Ursachen annehmen, als man nachweisen kann und als zur Erklärung unbedingt nothwendig ist.
2) Gleiche Wirkungen setzen gleiche Arten von Ursachen voraus.
3) Eigenschaften, welche an sich weder vermehrt, noch vermindert werden können, und welche alle Körper besitzen, die Gegenstände unserer Erfahrung sind, müssen als allgemeine Eigenschaften der Körper, d. h. der Materie angenommen werden.

Eben so einfach sind Newton's Gesetze der Bewegung, nämlich:

1) Der ruhende Körper beharrt in dem Zustande der Ruhe und der bewegte Körper im Zustande der geradlinigen und gleichförmigen Bewegung, bis eine bewegende Kraft seinen Zustand abändert. Diese allgemeine Eigenschaft der Körper nennt man das Beharrungsvermögen.*)

*) Früher nannte man diese Eigenschaft die *vis inertiae* oder die Kraft der Trägheit der Materie.

2) Die bewegende Kraft wird gemessen durch das Product der Kraft und der Geschwindigkeit des bewegten Körpers; sie wirkt in der Richtung, welche der bewegte Körper annimmt.
3) Wenn eine körperliche Masse bewegend auf eine andere einwirkt, so ist die Einwirkung gegenseitig. Wirkung und Gegenwirkung sind gleich, aber entgegensetzt.

Aus diesen einfachen Gesetzen leitete Newton die Gesetze der Bewegung der Körper in zusammengesetzten Fällen ab.

Wenn eine Kraft auf einen Körper einwirkt, so wirkt sie entweder momentan, d. h. sie ertheilt ihm einen einmaligen Impuls, einen Stoß, oder sie wirkt stetig fortdauernd. Die momentan wirkende Kraft erzeugt eine gleichförmige geradlinige Bewegung. — Wirken mehrere Kräfte momentan und gleichzeitig auf einen Körper, so ist diese Bewegung ebenfalls eine gleichförmige und geradlinige, welche in der Richtung des Parallelogramms der Kräfte erfolgt. — Setzt eine stetig wirkende Kraft einen Körper in Bewegung, so ist die Einwirkung zu betrachten als eine Folge von unendlich vielen und gleichen Stößen, welche in unendlich kleinen Zeiträumen erfolgen. Die Bewegung wird daher nothwendig eine geradlinige aber beschleunigte. — Wirken auf einen Körper eine momentan und eine stetig wirkende Kraft in derselben Richtung, so wird die Bewegung eine geradlinige und beschleunigte; wirken sie aber in entgegengesetzter Richtung, eine geradlinige und verzögerte. Wirken eine momentan und eine stetig wirkende Kraft unter einem Winkel, so wird die Bewegung eine krummlinige, und zwar je nach dem Winkel und dem Verhältniß der Kräfte eine Ellipse, eine Parabel oder eine Hyperbel.

Schon Galilei hatte diese Gesetze in beschränktem Umfange auf den Fall der Körper angewandt, als dessen Ursache er die Anziehungskraft der Erde erkannte. Newton faßte es allgemeiner auf: Je zwei Massen im Weltenraume ziehen sich an; die Anziehung ist also eine gegenseitige. Die Anziehungskräfte stehen im geraden Verhältniß der Masse und verhalten sich umgekehrt, wie die Quadrate der Entfernungen.

Insofern diese allgemeine Anziehungskraft der Materie oder die Gravitation zwischen der Sonne und den Planeten stattfindet, nennen wir sie die Centripetalkraft. Denn wirkte keine andere Kraft auf die Planeten, so müßten diese in die Sonne stürzen. Aber eine

zweite Kraft, deren Ursprung wir nicht kennen, hatte diesen Körpern eine geradlinige Bewegung gegeben. Hörte die Anziehungskraft der Sonne plötzlich auf, so würde der Planet geradlinig und mit gleichförmiger Geschwindigkeit sich fortbewegen und zwar in der Richtung der Tangente desjenigen Punktes der Bahn, in welchem er diese verläßt. Er würde seinen Mittelpunkt, die Sonne, fliehen; daher wird diese zweite Kraft, welche die Himmelskörper bewegt, die Tangentialkraft oder Centrifugalkraft genannt. Sie wirkt bei der Schleuder, bei dem befeuchteten und rasch umgedreheten Schleifstein. Je rascher ein Körper um seine Axe gedrehet wird, um desto größer ist das Bestreben jedes Theilchens, sich in der Richtung der Tangente fortzubewegen, den Mittelpunkt zu fliehen. Wird daher die Drehungsgeschwindigkeit größer, als der Zusammenhang der Theile, so werden die Theile mit großer Heftigkeit weggeschleudert, wie bei einem rasch bewegten rissigen Mühlstein. In den letzten Decennien hat die Technik vielfache Anwendung von der Centrifugalkraft gemacht, zur Entwässerung der Wäsche, des Torfes, zur Scheidung des Zuckersaftes aus dem Rübenbrei u. s. w.

Dieselbe Kraft wirkt als Schwerkraft, wenn Körper unserm Erdballe nahe sind, ferner als Adhäsionskraft bei Körpern, die sich in sehr vielen Punkten berühren, endlich ist sie als Cohäsion die Kraft, durch welche die einzelnen unendlich kleinen Theile oder Atome eines Körpers zusammengehalten werden.

5. Schaltcapitel.

Die Gesetze des freien Falles der Körper.

Um diese zu erörtern, bedarf man nur der Kenntniß der Summation der arithmetischen Progressionen der ersten Ordnung, welche in jeder Bürger- und Volksschule gelehrt werden kann.

Eine arithmetische Reihe oder Progression (erster Ordnung) heißt jede Folge von Zahlen, von denen je zwei aufeinander folgende gleichen Unterschied haben, wie z. B. die natürlichen Zahlen, die ungeraden Zahlen oder 1, 4, 7 u. s. w., auch 200, 195, 190 u. s. w. Bezeichnet man das erste Glied mit a, den Unterschied je zweier aufeinander folgenden Glieder mit d, die Summe mit S, so ist

$$S = \overset{\text{1stes}}{a} + \overset{\text{2tes}}{(a + d)} + \overset{\text{3tes}}{(a + 2d)} \ldots\ldots a + \overset{\text{(n-1)tes}}{(n - 2)\,d} + \overset{\text{ntes Glied}}{a + (n - 1)\,d}$$

Die Reihe ist eine steigende, wenn d positiv, eine fallende, wenn d negativ ist. Aus der allgemeinen Form läßt sich leicht nachweisen, daß die Summe des ersten und letzten Gliedes gleich der Summe des zweiten und vorletzten, des dritten und drittletzten u. s. w.

Man kann daher die Summe aller Glieder finden, wenn man die Summe des ersten und letzten Gliedes mit der halben Anzahl der Glieder multiplicirt. Hiernach wird

$$S = \left\{a + [a + (n-1)\,d]\right\} \times \frac{n}{2} = n\,a + \frac{n\,(n-1)}{2}\,d.$$

Denkt man sich nun einen Körper im Raume ohne Unterstützung, so wird er von der Schwere in jedem Zeittheilchen angezogen, weil die Einwirkung der Anziehungskraft der Erde nicht eine momentane, sondern eine stetige ist. Nimmt man an, daß die Secunde in r Zeittheilchen getheilt ist, so ertheilt die Schwerkraft dem Körper im ersten Zeittheilchen einen Impuls (Stoß), der ihn um d fortbewegt. Hörte jetzt die Schwerkraft auf zu wirken, so würde der Körper in jedem folgenden Zeittheilchen den Raum d zurücklegen. Aber die Schwerkraft ertheilt ihm auch im zweiten Zeittheilchen einen Impuls = d, folglich legt er einen Raum = d + d = 2d, und ebenso im dritten Zeittheilchen 2d + d = 3d u s. w. zurück. Die Räume, welche der Körper zurücklegt, sind also in der

1. Secunde	2. Secunde	3. Secunde	(n)ten Secunde
d	$(r+1)\,d$	$(2r+1)\,d$	$([n-1]\,r+1)\,d$
$2d$	$(r+2)\,d$	$(2r+2)\,d$	$([n-1]\,r+2)\,d$
$3d$	$(r+3)\,d$	$(2r+3)\,d$	$([n-1]\,r+3)\,d$
$4d$	$(r+4)\,d$	$(2r+4)\,d$	$([n-1]\,r+4)\,d$
⋮	⋮	⋮	⋮
rd	$2rd$	$3rd$	nrd

Die Summe der in der ersten Secunde zurückgelegten Räume ist eine arithmetische Reihe von r Gliedern, deren erstes Glied d, letztes Glied

rd, Gliederzahl r ist, daher . . . . . . $= \frac{r}{2}\,(r+1)\,d;$

in 2 Secunden: 1. Glied d, letztes 2rd,
Gliederzahl 2r, daher die Summe . . $= \frac{2r}{2}\,(2r+1)\,d;$

für 3 Secunden . . . . $= \frac{3r}{2}\,(3r+1)\,d;$

. . . .

für n Secunden . . . . $= \frac{nr}{2}\,(nr+1)\,d.$

Betrachtet man nur das Verhältniß der Fallräume für 1, 2, 3 ... n Secunden, so kann man den Satz anwenden, daß das geometrische Verhältniß von Zahlen unverändert bleibt, wenn man alle Zahlen mit einer und derselben Zahl multiplicirt oder dividirt. Läßt man daher die Nenner (2) weg und dividirt man durch die gemeinschaftlichen Factoren r und d, so erhält man den Fallraum für

1 Secunde	2 Secunden	3 Secunden	n Secunden
$1\,(r+1)$	$2\,(2r+1)$	$3\,(3r+1)$	$n\,(nr+1)$,

oder, wenn die in den Klammern stehenden Factoren nochmals durch r dividirt werden:

$$1\,(1+{}^1/_r),\quad 2\,(2+{}^1/_r),\quad 3\,(3+{}^1/_r)\ldots n\,(n+{}^1/_r).$$

Nimmt man nun an, daß die Secunde in unendlich viel Theile (Zeichen für unendlich ∞) getheilt ist, so wird $\frac{1}{\infty}=0$, es verschwinden die Brüche und es verhalten sich die Fallräume wie $1\times1:2\times2:3\times3\ldots\ldots nn$ oder wie $1^2:2^2:3^2\ldots\ldots:n^2$, d. h. **die Fallräume verhalten sich wie die Quadrate der (in Secunden ausgedrückten) Zeiten.** Ist daher der Fallraum für die erste Secunde $k=4{,}9$ Meter ermittelt, so beträgt er in 2 Secunden $4k$, in 3 Secunden $9k$, in n Secunden n^2k.

Der Fallraum der einzelnen Secunden ist: für die zweite Secunde die Differenz der Fallräume der zweiten und ersten, also $4k-k=3k$, für die dritte Secunde $9k-4k=5k$ und für die (n)te Secunde $(2n-1)k$. **Die Fallräume der einzelnen Secunden verhalten sich wie die ungeraden Zahlen.**

Ist $3k$ der Fallraum der zweiten Secunde, so kommt hiervon $1k$ auf die Einwirkung der Schwere während derselben. $2k$ muß also die **Endgeschwindigkeit** sein, welche der Körper am Ende der ersten Secunde erlangt hat und mit welcher er, wenn die Schwerkraft aufgehört hätte, sich während aller folgenden Secunden fortbewegt hätte. Ebenso wird die Endgeschwindigkeit nach zwei Secunden $(5-1)k=4k$, nach drei Secunden $(7-1)k=6k$, nach n Secunden $2nk$. **Die Endgeschwindigkeiten verhalten sich wie die geraden Zahlen oder (nach Hebung durch 2) wie die natürlichen Zahlen.**

In 20 Secunden z. B. fällt ein Körper durch $20^2k=400\times4{,}9^m=1960{,}0^m$, in der 20sten Secunde durchläuft er einen Raum von $(2\,.\,20-1)\,k=39\times4{,}9^m=191{,}1^m$ und seine Endgeschwindigkeit,

zugleich das Maß der Stoßkraft, welche er, an der Weiterbewegung verhindert, ausübt, wird $= 2 \times 20k = 196^m$. Wirft man einen Körper lothrecht abwärts mit einer Kraft $= g$, so wird er vermöge dieser Wurfkraft in n Secunden den Raum $n\,g$, vermöge der Schwerkraft den Raum $n^2 k$ zurücklegen, also zusammen $n\,g + n^2 k$. Diese Formel verwandelt sich in $n\,g - n^2 k$, wenn der Körper lothrecht aufwärts geworfen wird. Kommt er nach n Secunden wieder zur Erde, so ist er $\frac{n}{2}$ Secunden gestiegen, $\frac{n}{2}$ Secunden gefallen, er hat sich also zu einer Höhe von $\frac{n^2}{4}$ k erhoben, die Kraft aber, mit der er geworfen oder mit der er zur Erde niederfällt, ist $= n\,g$.

1. Beispiel. Kehrt ein lothrecht in die Höhe geworfener Körper nach 20 Secunden zur Erde zurück, so ist er 10 Secunden gestiegen und 10 Secunden gefallen, hat sich also zu einer Höhe von 100 k $= 490^m$ erhoben. Geworfen ist er mit einer Kraft $= 20\,k = 98^m$ und er legt zurück

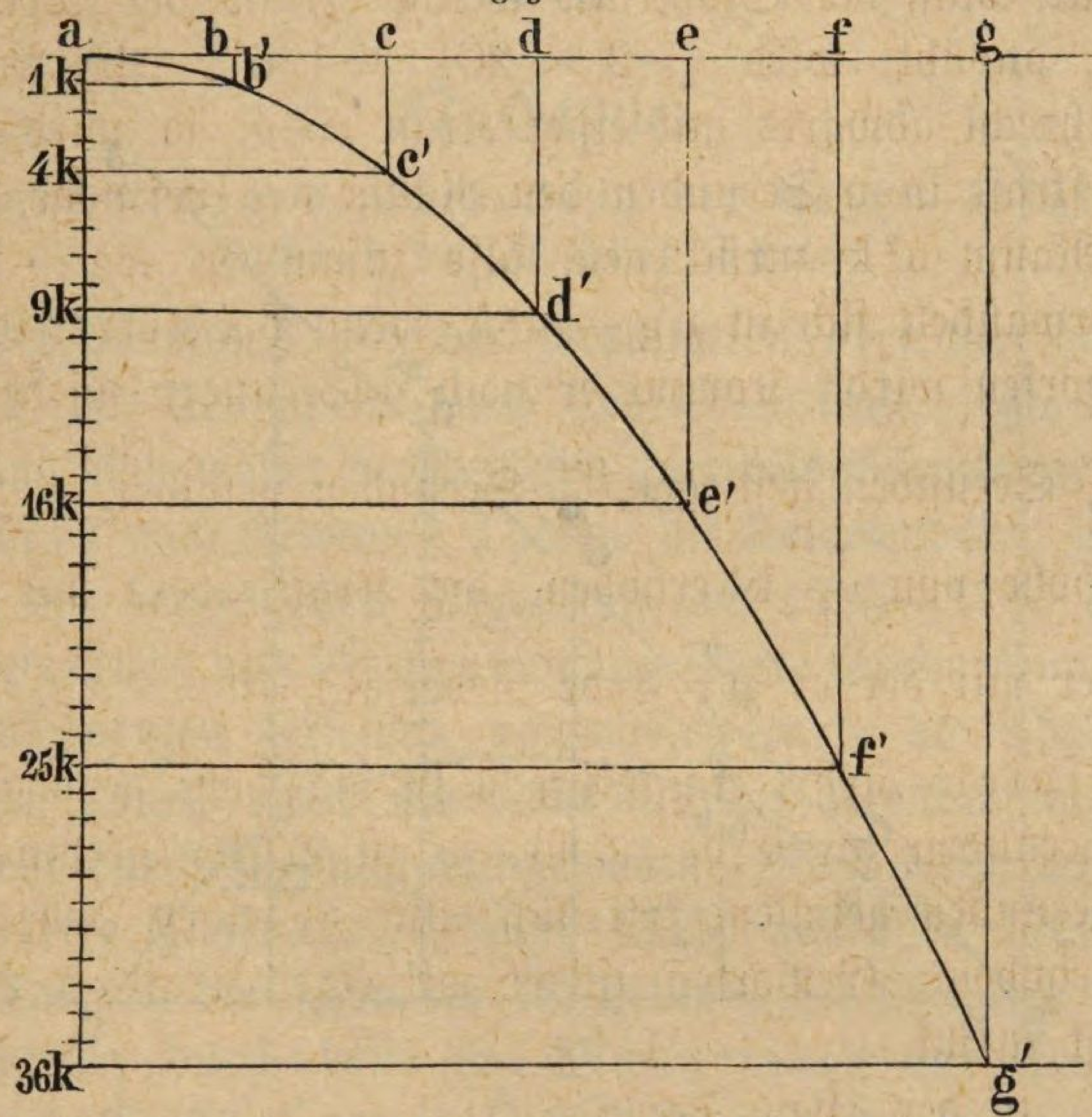
in der	1sten	Secunde	$20\,k - 1\,k = 19\,k$
» »	2ten	»	$20\,k - 3\,k = 17\,k$
» »	3ten	»	$20\,k - 5\,k = 15\,k$
			⋮
» »	8ten	»	$20\,k - 15\,k = 5\,k$
» »	9ten	»	$20\,k - 17\,k = 3\,k$
» »	10ten	»	$20\,k - 19\,k = 1\,k.$

Da er am Ende der 10ten Secunde ruhen würde, wenn die Schwerkraft nicht mehr auf ihn wirkt, so tritt jetzt die entgegengesetzte Bewegung ein und er legt in den einzelnen Secunden 1 k, 3 k u. s. w. wieder zurück, so daß diese Räume in gleicher Entfernung von der Erde einander gleich sind.*)

Wird ein Körper in horizontaler Richtung mit der Geschwindigkeit k geworfen, so würde er, wenn keine andere Kraft auf ihn wirkte, in den einzelnen Secunden nach b, c, d, e, f und g (Fig. 21 auf folg. Seite) gelangen. In der ersten Secunde fällt er aber um 1 k und

*) Ein genau senkrecht in die Höhe geworfener Körper fällt nicht wieder auf den Ausgangspunkt zurück, weil die Erde während der Wurfzeit sich ein Stück um ihre Axe drehet und der geworfene Körper dieser Bewegung nicht vollständig folgen kann.

Fig. 21.



gelangt daher nach dem Satze von dem Parallelogramm der Kräfte nicht nach b, sondern nach b'; in 2 Secunden treibt ihn die Wurfkraft von a nach c, er fällt aber in dieser Zeit 4 k, gelangt also nach c', in 3 Secunden nach d', in 4 Secunden nach e' u. s. w. Da aber die Schwerkraft in jedem Zeittheilchen wirkt, so wird aus der gebrochenen Linie a b' c' d' e' f' g' eine krumme Linie a g, die Parabel. Je geringer die Entfernung a von der horizontal gedachten Ebene ist, desto eher fällt der horizontal geworfene Körper zur Erde.

Beispiel. Wird ein Körper von einem 490^{m} hohen Punkte mit einer Geschwindigkeit von 800^{m} horizontal geworfen, so wird er nach 10 Secunden und in einer Entfernung von 5000^{m} zur Erde fallen.

Wird ein Körper in der Richtung von b a (Fig. 22 auf folg. S.) geworfen, so wird der Winkel, welchen diese Linie mit der Horizontalen b c macht (a b c), der Elevationswinkel genannt. Der Körper hat sich durch die Schwerkraft in d^{I} um 1 k, in d^{II} um 4 k, in d^{III} um 9 k gesenkt. Auch die hier beschriebene Curve ist eine Parabel, die Linie b c heißt die Wurfweite. Fig. 23 auf folg. Seite zeigt uns die Bahnen eines unter verschiedenen Winkeln geworfenen Körpers. Für einen Elevationswinkel von 45^{0} ist die Wurfweite am größten,

Fig. 22.

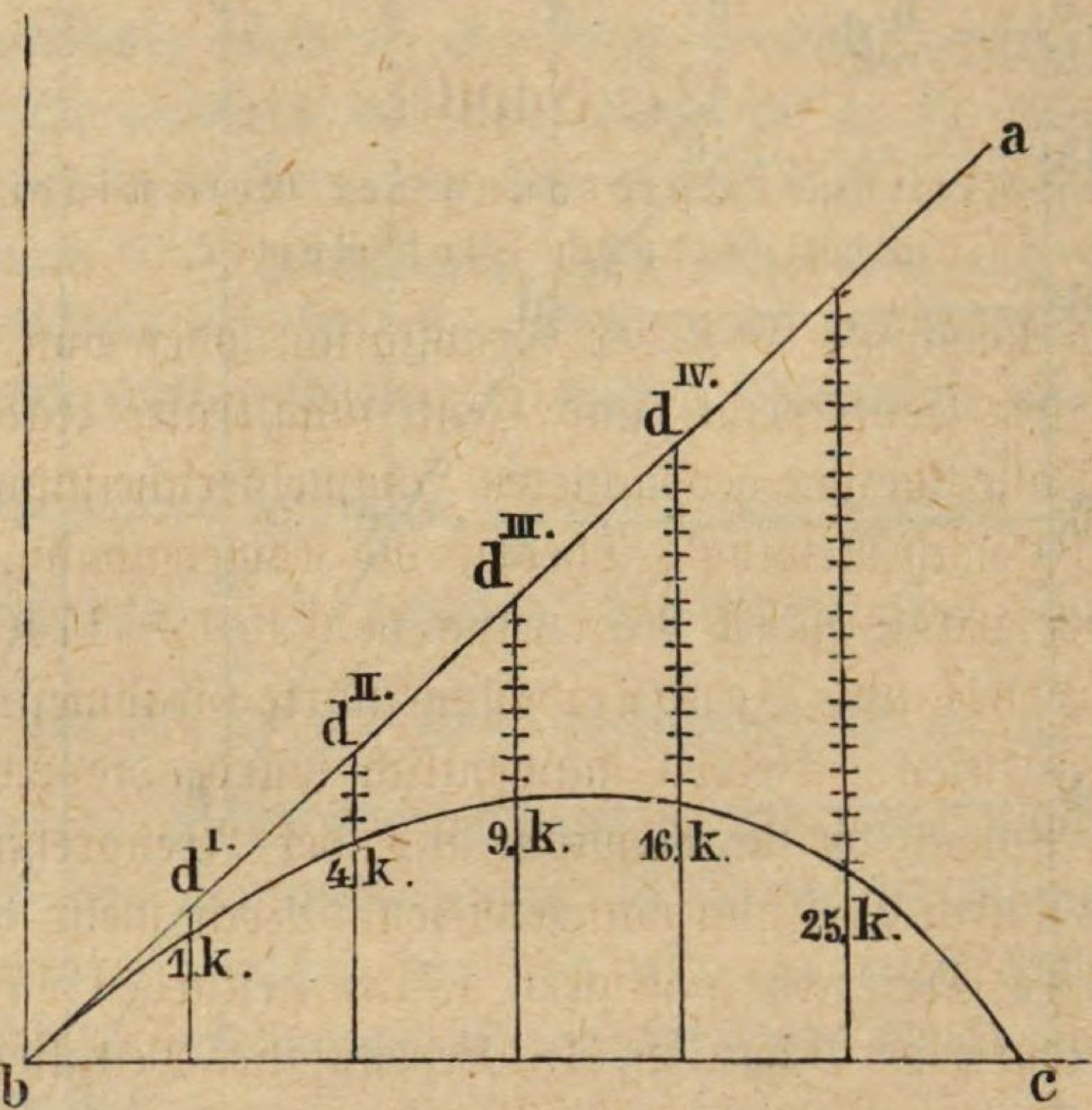
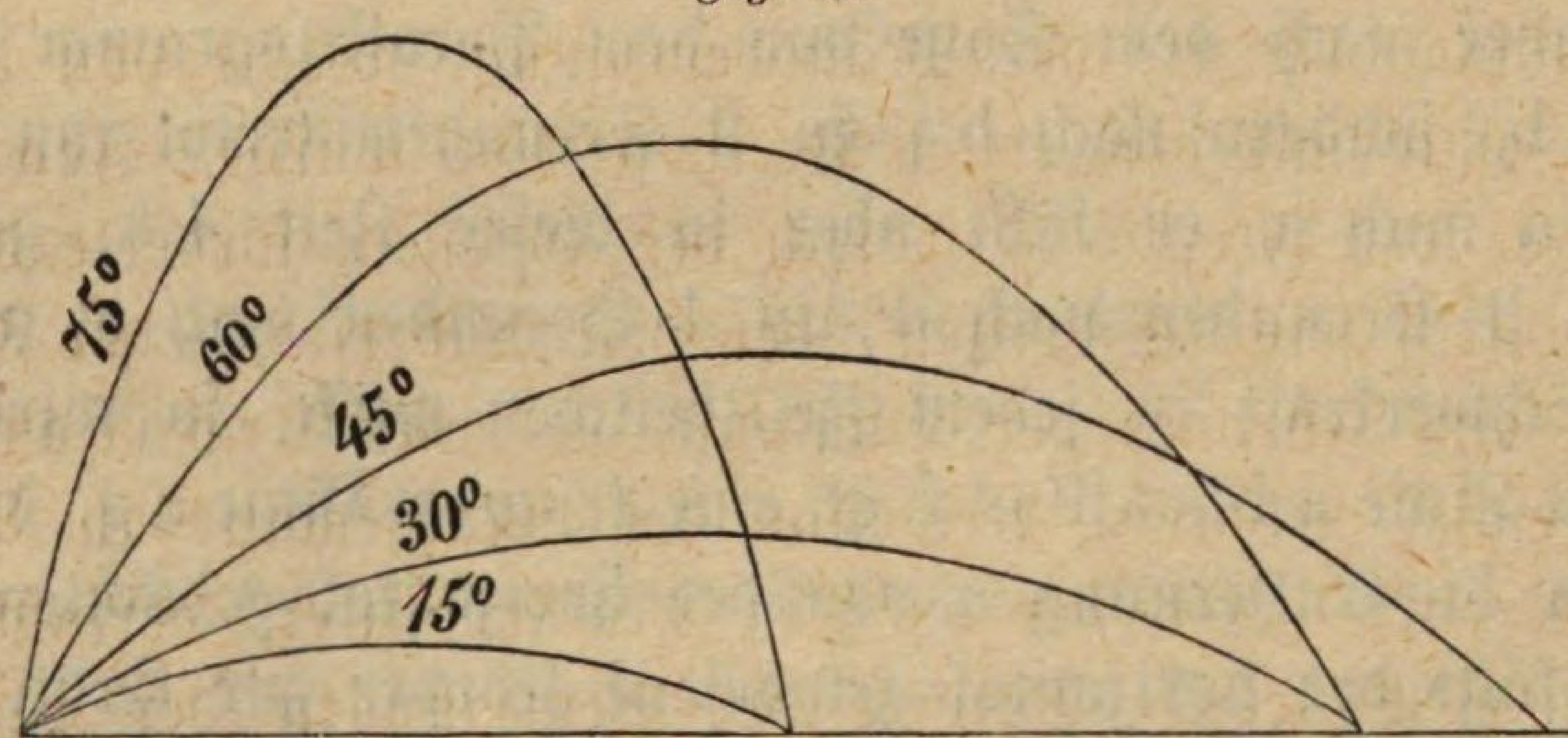


Fig. 23.



für 15° gleich der von 75°, für 30° gleich der von 60°. Die Aufgabe, bei der Wurfbewegung auch den Widerstand der Luft zu berücksichtigen, heißt das ballistische Problem, die Lehre von der Wurfbewegung Ballistik, die Curve, in welcher sich mit Berücksichtigung des Widerstandes der Luft der geworfenen Körper bewegt und welcher von der Parabel abweicht, die ballistische Curve. Bei mäßiger Geschwindigkeit weicht diese wenig von der Parabel ab.

27. Capitel.

Nachfolger Newton's, Entdeckung der Geschwindigkeit des Lichtes durch Olaf Römer.

Die Lehre Newton's von der Gravitation oder von den Centralkräften, d. h. der Centripetal- und Centrifugalkraft, legte den Grund zur Erklärung aller bisher beobachteten Himmelserscheinungen. Halley berechnete 1710 nach Newton's Theorie die Kometenbahn, und die auf Anordnung der französischen Regierung von 1735—1740 durch Cassini, Maupertuis und Bouguer ausgeführte Gradmessung bestätigte manche Consequenzen derselben, namentlich wurde die Abplattung der Erde an den Polen, welche Newton aus der Axendrehung der Erde gefolgert, jetzt durch Messung nachgewiesen. Noch mehr bestätigte dies Jean Baptiste Clairaut, geboren 1713, gestorben 1765, eins der frühreifen Talente, der schon im 18. Lebensjahre Mitglied der Pariser Akademie wurde, durch seine mit Maupertuis und Celsius 1736 unternommene Gradmessung in Lappland und durch sein Werk über die Newton'sche Theorie der Mondbewegung, welche von der Petersburger Akademie mit dem ersten Preise gekrönt wurde. Jean le Rond d'Alembert, der Freund Friedrich des Großen, förderte diese Untersuchungen durch seine Schriften über den Widerstand der Flüssigkeiten und durch sein Lehrbuch der Dynamik, — und Leonhard Euler, 1707 zu Basel geboren, Professor der Mathematik in Petersburg, später in Berlin, einer der größten Mathematiker, verfaßte eine die Berechnung erleichternde Theorie der Bewegungen der Planeten und Kometen.

Die beobachtenden Astronomen wetteiferten fortan mit den großen Mathematikern in der Förderung der Astronomie, — jene durch Verbesserung der Instrumente und die schärfste Kritik der Beobachtungen, diese, indem sie immer neue Erleichterungen für die Berechnung erfanden. Denn durch die Newton'sche Theorie war die von den Astronomen zu leistende Arbeit eine weit verwickeltere geworden, weil nunmehr bei der Berechnung der Bahnen nicht blos die Anziehungskraft der Sonne, sondern auch die aller übrigen Planeten berücksichtigt werden mußte. Hierdurch gelang es aber auch, die Störungen zu erklären, d. h. die Ablenkungen von der elliptischen Bahn, welche durch

die eben erwähnte Anziehungskraft der übrigen Planeten erzeugt werden. Am stärksten zeigten sich diese Störungen beim Mars, weil dieser Planet, dessen Durchmesser nur $1/2$, dessen Kubikinhalt nur $1/8$ von dem der Erde beträgt, zwischen Erde und Jupiter stehend, von diesem größten aller Planeten nur 76 Millionen Meilen entfernt ist, während seine größte Entfernung 139 Millionen Meilen beträgt. Der Jupiter, dessen Masse mehr als 10000mal größer ist, als die des Mars, mußte daher bei dem geringsten Abstande beider Körper, wo seine Anziehungskraft beinahe 4mal so groß ist, als bei dem größten Abstande, auch die größte Ablenkung von der elliptischen Bahn erzeugen.

Zu dieser großartigen Entwickelung der Astronomie kam noch die so wichtige Entdeckung Römers, daß auch das Licht Zeit gebrauche, um von einem Punkte des Weltenraumes zum andern zu gelangen, während man bis dahin die Geschwindigkeit des Lichtes unendlich groß oder die Dauer seiner Bewegung gleich 0 annahm, weil sie so groß ist, daß sie für Entfernungen auf unserer Erde sich jeder Berechnung entzieht. Seitdem Galilei und gleichzeitig mit ihm der Deutsche Sebastian Mayer in Anspach den ersten Mond des Jupiter entdeckt, haben die Jupiter-Trabanten die größte Aufmerksamkeit der Astronomen auf sich gezogen. Der dem Jupiter nächste Mond hat einen Durchmesser von 564, der zweite von 465, der dritte von 818, der vierte von 568 Meilen. Der zweite kleinste ist daher unserem Monde ziemlich gleich. Die Entfernungen betragen $5^3/_4$, $9^1/_4$, $14^1/_4$ und 26 Halbmesser des Jupiter, während unser Mond um 60 Erdhalbmesser von der Erde entfernt ist. Alle vier Monde kehren, wie unser Mond der Erde, ihrem Planeten immer dieselbe Seite zu, ihre Umlaufszeit ist aber weit geringer, bei dem ersten $1^3/_4$, bei dem zweiten $5^1/_2$, bei dem dritten $7^1/_4$, bei dem vierten $16^3/_4$ Tage, während die Umlaufszeit unseres Mondes ungefähr 29 Tage beträgt. Das Licht des ersten und dritten ist weiß, das des zweiten bald weiß, bald bläulich, das des vierten oft trübe und orangefarbig, woraus man auf eine Atmosphäre, wie sie die Erde hat, schließen kann, während unser Mond eine solche Atmosphäre nicht besitzt. Verfinsterungen treten bei den drei nächsten fast mit jedem Umlaufe ein und dauern bei dem ersten 2^h 8′*), bei jedem folgenden etwas länger, bei dem entferntesten, der

*) 2^h = 2 Stunden.

nur selten verfinstert wird, $4^{3}/_{4}{}^{h}$. Die Verfinsterungen der Jupiter-Trabanten gewähren daher fast täglich Lichtsignale am Himmel, welche von den entferntesten Punkten der zugewandten Erdhälfte gleichzeitig beobachtet werden können und als Mittel dienen, die geographische Länge eines Ortes zu bestimmen. Ist z. B. für die Petersburger Sternwarte der Anfang einer solchen Verfinsterung auf 3^{h} 14′ Petersburger Zeit berechnet und beobachtet ein Reisender in Hochasien dieselbe um 5^{h} 44′, so beträgt der Zeitunterschied 2^{h} 30′ Zeit oder $37^{1}/_{2}{}^{0}$ östliche Länge von Petersburg. In jener Zeit nach der Entdeckung der Jupiter-Trabanten stimmte aber die Zeit des Eintritts der Verfinsterungen oft nicht mit der Berechnung überein. Der Unterschied war desto kleiner, je weniger, desto größer, je mehr der Jupiter von der Erde entfernt war, und dieser Unterschied betrug zwischen dem Perigäum*) und Apogäum, in denen der Unterschied der Entfernung gleich der Erdbahn ist, 16′ 26″. Olaf Römer erklärte nach den Beobachtungen Cassini's diesen Fehler dadurch, daß das Licht diese Zeit gebrauche, um den Durchmesser der Erdbahn zu durchlaufen: Folglich gelange das Licht der Sonne in 8′ 13″ zu uns. Das Licht gebrauche aber Jahre, vielleicht Jahrhunderte, um von den entferntesten Fixsternen aus uns zu erreichen, so daß wir am Himmel vielleicht noch Sterne sehen können, welche vor Jahren schon ihr Licht verloren haben, — und umgekehrt, daß wenn heute ein Stern am Himmel in so ungeheurer Entfernung zuerst sein Licht zu uns sendet, unsere Nachkommen ihn erst erblicken werden. Die Geschwindigkeit des Lichtes beträgt ungefähr 42000 Meilen in der Secunde, ist daher für Entfernungen auf unserer Erde nicht zu berechnen. Denn wenn zwei Berge, jeder eine Meile hoch, um 100 Meilen von einander entfernt wären, so würde man nur, wenn keine bedeutenden Höhen dazwischen liegen, bei sehr starker Strahlenbrechung von dem Gipfel des einen das Lichtsignal auf dem andern erblicken können, das Licht aber zum Durchlaufen dieses Zwischenraumes nur $^{1}/_{420}$″ gebrauchen, was durch unsere Uhren nicht gemessen werden kann.

Olaus oder Olaf Römer, geboren 1644 zu Aarhuus auf Jütland, wurde Mitarbeiter Cassini's an der Pariser Sternwarte und 1671 Mitglied der französischen Akademie. Als der alternde König

*) Perigäum = Erdnähe, Apogäum = Erdferne.

Ludwig XIV auf Drängen seines Kebsweibes, der Maintenon und seines Beichtvaters, des Jesuiten Letellier, die Protestanten bedrängte, verließ er 1681 Frankreich und kehrte nach Dänemark zurück, wo König Friedrich IV ihn zum obersten Rathe von Kopenhagen ernannte. Hier erbauete sich Römer eine Sternwarte, *Tusculum* benannt, wo er, um die Parallaxe der Fixsterne zu finden, eine große Reihe ausgezeichneter Beobachtungen anstellte, die aber mit andern Schriften Römers und den Beobachtungen seines Nachfolgers Horrebow durch den großen Brand im October 1728, welcher das Schloß und einen großen Theil von Kopenhagen in Asche legte, vernichtet wurden. Nur die in einer besondern Abschrift versandten Beobachtungen des Jahres 1706 sind uns erhalten. Professor Galle hat sie geprüft und so genau befunden, daß der Verlust der übrigen, die für die Bestimmung der Parallaxe der Fixsterne von großem Nutzen gewesen sein würden, sehr zu beklagen ist. Römer wurde 1706 zum königlichen Staatsrath ernannt und starb am 19. September 1710.

28. Capitel.

Tobias Mayer. Herschel. Spiegelteleskope und achromatisches Fernrohr.

Einer der bedeutendsten Mathematiker und Astronomen des vorigen Jahrhunderts war Johann Tobias Mayer, welcher in demselben Schwabenstädtchen Marbach 1723 das Licht der Welt erblickte, in welchem Schiller 1759 geboren wurde. Schon als vierjähriges Kind der Eltern verlustig, erhielt er Unterricht und Erziehung auf dem Waisenhause zu Eßlingen. Der dortige Bürgermeister glaubte Malertalent in ihm zu entdecken, starb jedoch, ehe er seinen Schützling zu einem Maler in die Lehre bringen konnte; dieser kam darauf zu einem Schuhmacher, Namens Kandler, der Mathematik in seinen Mußestunden studirte. Da er in Tobias Anlagen dazu entdeckte, unterrichtete er ihn; dieser machte aber so rasche Fortschritte, daß bald die Rollen verwechselt wurden und der Lehrling den Meister unterrichtete. Bald darauf ging Mayer nach Augsburg, wo eine Druckerei ihn beschäftigte. 1746 wurde er Mitarbeiter am Franz-Homann'schen Karteninstitut; seine mathematischen Schriften erregten so großes

Aufsehen, daß er 1751 als Professor der Mathematik nach Göttingen berufen wurde und 1753 die Direction der dortigen Sternwarte erhielt. Wie er seine Jugend in Dürftigkeit verlebt hat, so scheint die Zeit des siebenjährigen Krieges für ihn ebenfalls eine sorgenvolle gewesen zu sein. Als Göttingen von den Franzosen belagert wurde, sandte man ihn als Parlamentär in das französische Hauptquartier. Da der französische General die Uebergabe Göttingens mit der Drohung forderte, daß er die Stadt aushungern würde, entgegnete ihm Mayer: »Damit wollen Sie mir drohen? Glauben*) Sie mir, das Aushungern habe ich gründlich kennen gelernt.« Als nach der Uebergabe der Commandant ihn ersuchte, einige Oelgemälde mit dem von Mayer erfundenen Geheimmittel zu firnissen, ließ ihm Mayer sagen, das Mittel erfordere starke Feuerung, er aber habe kein Holz. Der Commandant schickte ihm sofort einen Wagen voll Holz.

Unter den vielen Arbeiten Mayer's sind seine Mondkarte und seine Mondtafeln hervorzuheben, welche er so verbesserte, daß die englische Regierung ihm dafür einen Preis von 3000 Pfd. Sterling zuerkannte. Er starb schon 1762, seiner Wittwe aber wurde der Preis ausgezahlt und dadurch die Familie vor Noth geschützt. Auch der Sohn Johann Tobias Mayer, geboren 1752, ist als Mathematiker und Astronom zu erwähnen. Er wurde 1773 Privatdocent in Göttingen, 1780 als Professor der Mathematik und Physik nach Altdorf, 1786 nach Erlangen und 1799 wieder nach Göttingen berufen, wo er 1830 starb.

Im 18. Jahrhundert förderten hauptsächlich zwei wichtige Erfindungen, welche fast gleichzeitig erfolgten, die Astronomie, die Vervollkommnung des Teleskops durch Herschel und die Erfindung der achromatischen Gläser durch Dollond.

Friedrich Wilhelm Herschel, der Sohn eines Musikus, wurde 1733 zu Hannover geboren. Schon im 14. Jahre wurde er Regiments-Hautboist und ging im 24. Jahre seines Alters, 1757, nach England, um sich weiter in der Musik auszubilden. Für den Grafen Darlington bildete er eine Kapelle, darauf wurde er Musiklehrer in Leeds in der Grafschaft York, dann Organist in Halifax und später

*) Mädler, Geschichte der Astronomie I, 448.

in Bath. Neben der Musik studirte er die Astronomie, und da er sich ein fünffüßiges Teleskop nicht kaufen konnte, so verfertigte er sich selbst ein solches, mit welchem er die Jupiter-Trabanten und den Ring des Saturn beobachten konnte. Mit einem größeren, von ihm verfertigten Teleskope entdeckte er den Planeten Uranus, den er anfangs Georgsstern, *Georgium sidus*, benannte. König Georg III ernannte ihn wegen dieser wichtigen Entdeckung zum königlichen Astronomen mit einer ansehnlichen Besoldung. Herschel verlegte nun seinen Wohnsitz nach dem Dorfe Slough bei Windsor und erbauete sich hier eine Sternwarte für sein großes Spiegelteleskop, das er 1785 vollendete. Der Spiegel dieses sogenannten Riesenteleskops, bei dessen Bau ihn sein Bruder, ein geschickter Mechaniker, unterstützte, hatte einen Hohlspiegel von 4½′ Durchmesser und 3½″ Dicke, der allein 1034 Pfd. wog. Die Röhre des Teleskops war 40 englische Fuß lang, 4′ 10″ weit und wog 4000 Pfd. Die Axe des Teleskops war etwas geneigt, so daß der in einem Fahrstuhl sitzende Beobachter durch ein Ocular von oben nach dem tief unter ihm liegenden physischen Bilde des Spiegels sehen konnte. Das Teleskop ruhete auf einem sehr künstlichen Gestell und dieses auf einer Drehscheibe von 42′ Durchmesser. An der Beobachtungsstelle war ein kleines Fernrohr als Sucher angebracht, so daß der durch dieses erblickte Stern sich zugleich im Gesichtsfelde des Teleskops befand. Ein Arbeiter reichte hin, dieses kolossale Instrument zu bewegen; durch ein Sprachrohr wurden ihm vom Beobachter die Befehle ertheilt.

Bereits vor der Vollendung dieses Riesenteleskops hatte Herschel mehrere Doppelsterne entdeckt und einzelne Nebelflecke als Haufen von Fixsternen erkannt. Mit diesem großen Teleskope entdeckte er bis 1794 die sechs Monde des Uranus und zwei neue Monde des Saturn, auch beobachtete er die vier kleineren von Piazzi, Olbers und Harder aufgefundenen Planeten. Bis zu seinem 1822 erfolgten Tode half ihm bei seinen Beobachtungen seine Schwester Karoline Herschel, die selbst fünf Kometen entdeckte.

Dem Beispiele Herschels folgten auch andere Astronomen in der Verfertigung großer Spiegelteleskope. So bauete Schröter, geboren am 30. August 1745 zu Erfurt, als er hannoverscher Oberamtmann in Lilienthal bei Bremen geworden, sich eine Sternwarte und für diese ein 25füßiges Newton'sches Teleskop mit einer 800- bis 1000maligen

linearen Vergrößerung; dieses war in einem oben mit einer Gallerie für den Beobachter versehenen Thurme aufgestellt, der wie eine Windmühle gedrehet werden konnte. Schrader in Kiel bauete ein 26füßiges Teleskop. Diese Spiegelteleskope sind jetzt durch die achromatischen Refractoren verdrängt, weil Spiegel sehr schwer herzustellen und nur von kurzer Dauer sind. Glas mit Belegung von Zinnamalgam, wie bei unseren gewöhnlichen Hausspiegeln, kann dazu nicht angewandt werden, weil diese ein doppeltes Bild geben. Stahlspiegel würden die vorzüglichsten sein, sie werden aber nach kurzer Zeit durch den Rost unbrauchbar. Durch Beseitigung der Rostflecke würde aber die Spiegeloberfläche nicht mehr die richtige bleiben. Silber, welches der Oxydation mehr widersteht, giebt ein geschwächtes weißliches Bild. Platin ist sowohl zu theuer, als auch zu schwer in so großen Massen zu bearbeiten. Man hat daher das Spiegelmetall zusammengesetzt, entweder aus 3 Theilen Kupfer und $1^1/_4$ Zinn, oder aus 6 Theilen Messing und 1 Theil Zinn, oder auch aus 2 Theilen Messing, 1 Theil Kobaltkönig und 1 Theil Arsenik. Aber auch diese Spiegel erblinden nach mehreren Jahren, mögen sie noch so sorgfältig behandelt werden.

Newton hatte, wie bereits erwähnt, die Zusammensetzung des Lichtes aus verschiedenen farbigen Lichtstrahlen entdeckt, von denen die violetten die stärkste, die rothen die geringste Brechbarkeit haben. Fängt man die Strahlen eines leuchtenden Körpers von weißer Farbe, der außerhalb der Brennweite einer Linse sich befindet, mit dieser auf, so werden verschiedene hinter einander liegende physische Bilder entstehen, von denen das violette das kleinste und der Linse nächste, das rothe das größte und von der Linse entfernteste ist. Werden diese Bilder mit einer weißen Tafel aufgefangen oder mit freiem Auge betrachtet, so decken sich diese Bilder in der Mitte und bringen durch ihre Gesammtheit die Empfindung der weißen Farbe hervor; das ganze Bild erscheint aber mit einem roth-gelben Saume. Wäre der leuchtende Körper ringförmig, so würde sein Bild auf der inneren Seite mit einer bläulich-violetten Einfassung erscheinen. Die umgekehrte Erscheinung tritt ein, wenn wir nicht das physische, sondern das mathematische Bild sehen, oder wenn Bild und Gegenstand sich auf derselben Seite der Linse befinden. Hier ist das rothe Bild das nächste und kleinste, das violette das entfernteste und größte, dessen überspringender Rand einen bläulich-violetten Saum erzeugen muß.

Der nachtheilige Einfluß dieser verschiedenen Brechbarkeit mußte wohl schon früh denkende Naturforscher aufmuntern, ihn zu beseitigen. Newton hielt dies für unmöglich, Euler jedoch vermuthete die Möglichkeit, weil durch die Brechung des Lichtes in der Krystalllinse und in der wässerig-gläsernen Feuchtigkeit des Auges ein farbenfreies Bild erzeugt wird. Erst dem Engländer John Dollond gelang es, Linsen mit farblosen Bildern oder achromatische Linsen anzufertigen. Er war der Sohn eines durch die Aufhebung des Edicts von Nantes aus der Normandie vertriebenen Protestanten und wurde 1706 zu Spitalfields bei London geboren. Er erlernte die Seidenwirkerei und betrieb dieselbe bis 1752, beschäftigte sich aber in seinen Mußestunden mit Anfertigung von optischen Instrumenten. In dem erwähnten Jahre legte er eine optische Werkstatt an, die bald durch die Fernrohre mit fünf Linsen als Ocular, wodurch ein größeres Gesichtsfeld erlangt wurde, bedeutenden Absatz erlangte. 1757 erfand er nach Euler's Formeln das achromatische Fernrohr, indem er das Objectiv aus drei Linsen von verschiedenem Glase zusammensetzte. Das Mittelstück bildete eine biconcave Linse aus grünem Flintglase, welche von zwei biconvexen Linsen aus reinem weißen Fenster- oder Crownglase eingeschlossen wurde. Hierdurch wurde es möglich, die Brennweite im Verhältniß des Durchmessers des Objectivs so bedeutend zu verkürzen, daß man mit einem 4—5füßigen Dollond eben so viel leisten konnte, als Cassini mit seinem 100füßigen Fernrohre. Fortan konnte man mit geringeren Mitteln sich ein Instrument kaufen, mit welchem man die Unebenheiten der Mondoberfläche, die Trabanten des Jupiter, die Lichtphasen des Mercur und der Venus und den Ring des Saturn beobachten konnte. Nach seinem am 30. November 1761 erfolgten Tode blühete das Geschäft fort unter seinem Sohne Peter Dollond, der 1820, 90 Jahre alt, zu Kensington starb, und unter dessen Neffen George Higgins-Dollond, dem Gründer der Londoner astronomischen Gesellschaft, gestorben am 13. Mai 1852. Des ersten Dollond Schüler und Schwiegersohn Ramsden, ferner Nairne und Andere errichteten ähnliche Institute; von den später gegründeten ist das Fraunhofer'sche in München das berühmteste geworden.

Dollond machte seinen ersten Versuch mit der Construction eines achromatischen Prismas. Wenn wir von einem Gegenstande ein ungefärbtes Bild erhalten sollen, so müssen die verschiedenfarbigen Licht-

strahlen parallel laufend ins Auge treten. Durch ein dreiseitiges Prisma wird dieser Parallelismus aufgehoben, die Strahlen müssen also wieder in die parallele Richtung gebracht werden, was Dollond dadurch erlangte, daß er an ein Prisma von Crownglas, dessen brechender Winkel 30° war, in umgekehrter Richtung ein Prisma von Flintglas legte, dessen brechender Winkel 19° betrug. Jetzt sind die Objective der achromatischen Fernrohre, welche lange Zeit den Namen »Dollond« führten, gewöhnlich aus einer Convexlinse aus Crownglas und einer Concavlinse aus Flintglas zusammengesetzt.

29. Capitel.

Entdeckung der kleinen Planeten.

Wie durch die Theorie des Kopernikus das Ptolemäische System gebrochen wurde, so zerstörte die am 13. März 1781 durch Herschel gemachte Entdeckung des Uranus die seit Jahrtausenden herrschende Ansicht, daß die schon im Alterthum bekannten Planeten die einzigen seien, welche zu unserem Sonnensysteme gehören. Seit dieser Entdeckung glaubten manche Astronomen und Naturphilosophen an die Möglichkeit der Auffindung noch anderer Planeten. Zu diesem Glauben führte besonders die von Bode in Berlin bestimmter und öfter ausgesprochene Bemerkung, daß der Raum zwischen Mars und Jupiter unverhältnißmäßig groß sei. Wenn wir die mittlere Entfernung der alten Planeten von der Sonne durch Zahlen ausdrücken, so erhält man folgendes Schema:

Mercur,	Entfernung	$4 = 4 + (0 \times 3)$
Venus	»	$7 = 4 + (1 \times 3)$
Erde	»	$10 = 4 + (2 \times 3)$
Mars	»	$16 = 4 + (4 \times 3)$
* * *	»	$28 = 4 + (8 \times 3)$
Jupiter	»	$52 = 4 + (16 \times 3)$
Saturn	»	$100 = 4 + (32 \times 3)$
Uranus	»	$196 = 4 + (64 \times 3)$.

Diese Tabelle zeigt eine Lücke zwischen Mars und Jupiter, und man glaubte daher, daß zwischen diesen ein Planet untergegangen oder zerstört sei, oder noch entdeckt werden könne. Deßhalb gründete der schon erwähnte Amtmann Schröter in Lilienthal auf seiner Stern-

warte am 21. September 1800 eine Gesellschaft von vierundzwanzig Astronomen zur Aufsuchung dieses Planeten. Der ganze Thierkreis in einer Breite von 16° wurde in 24 Theile getheilt; jedem Mitgliede sollte ein solcher Himmelsdistrict durch das Loos zur genaueren Beobachtung überwiesen werden. Als man darauf die Arbeit begonnen hatte, entdeckte ein nicht zu dieser Gesellschaft gehöriger Astronom, Guiseppe Piazzi, einen Planeten. Piazzi, 1746 zu Ponte geboren, trat schon als Jüngling in den Theatiner-Orden, wo er mit Eifer das Studium der Mathematik und Astronomie ergriff. 1770 wurde er Professor an der Universität Malta, kehrte aber nach deren Auflösung nach Italien zurück und bekleidete dann nach einander das Amt des Directors des Adelscollegiums zu Ravenna, eines Predigers zu Cremona und eines Professors der Dogmatik an dem Institute San Andrea del Valle in Rom. Im Jahre 1780 wurde er Professor der Mathematik zu Palermo, wo er den Vicekönig Principe Caramanico bewog, eine schöne Sternwarte zu erbauen, welche nach seinen Angaben ausgestattet und auch von ihm als Director übernommen wurde. Nach mehrjährigen fleißigen Beobachtungen gab er ein Sternenverzeichniß von 6784 Fixsternen heraus, das alle früheren sowohl durch die größere Zahl der Sterne als auch durch die Genauigkeit der Ortsbestimmung übertraf. Am ersten Tage des jetzigen Jahrhunderts, am 1. Januar 1801 erblickte er im Sternbilde des Stieres einen Stern achter bis neunter Größe, den er früher daselbst nicht gesehen hatte. Anfangs hielt er ihn für einen Kometen, allein als er ihn am 2., 3. und 4. Januar um einen gleichen Bogen fortgerückt fand und der Stern durchaus keinen Lichtnebel zeigte, derselbe sogar vom 11. Januar an rechtläufig wurde, so meldete er seine Entdeckung am 24. Januar Oriani in Mailand und Bode in Berlin, wohin seine Briefe wegen des Krieges in Italien und Deutschland theils gar nicht, theils zu spät gelangten, so daß die betreffende Himmelsgegend schon in der Abenddämmerung sich befand und es keinem Astronomen gelang, den Stern, welchen Piazzi zu Ehren des Königs Ferdinand von Neapel und Sicilien *Ceres Ferdinandea* benannt hatte, aufzufinden. Piazzi selbst setzte seine Beobachtungen bis zum 11. Februar fort; er verfiel jedoch an diesem Tage in eine schwere Krankheit, und als er von dieser genesen, war der Stern in den Strahlen der Sonne verschwunden. Vergeblich suchten ihn Piazzi, Bode, v. Zach, Oriani und Olbers

an der Stelle, an welcher er nach ihrer Berechnung wieder erscheinen mußte. Da wandte ein junger, in seiner Vaterstadt Braunschweig privatisirender Mathematiker, Karl Friedrich Gauß, 1777 geboren, später der berühmteste Mathematiker unseres Jahrhunderts, eine neue Methode zur Berechnung an, durch die es ihm gelang, den Ort am Himmel, an welchem Ceres wieder erscheinen mußte, so genau zu bestimmen, daß Olbers in Bremen und v. Zach auf der Seeberger Sternwarte ihn an dieser Stelle zu Ende des Jahres 1801 und zu Anfang des Jahres 1802 wiederfanden. Schröter erblickte ihn am 25. Januar 1802 mit seinem 13füßigen Teleskop als Scheibe mit weißlichem, dem Uranus ähnlichen Lichte.

Am Abende des 28. März 1802 erblickte Olbers im nördlichen Flügel der Jungfrau, wenige Grade von der Ceres entfernt, einen ihm unbekannten Stern, der an den folgenden Tagen seinen Ort verändert hatte. Er meldete dies seinem Freunde v. Zach, der am 4. April, Morgens 11^h diese wichtige Nachricht erhielt. Zwölf Stunden später fand dieser auf der Seeberger Sternwarte den angemeldeten Planeten, welchen Olbers Pallas genannt hatte. Schon damals vermuthete dieser, daß Ceres und Pallas nur Trümmer eines großen Planeten zwischen Mars und Jupiter seien und daß daher noch mehrere solcher Trümmer vorhanden sein müßten. Er ermunterte zur Auffindung dieser Himmelskörper, welche als Sterne sechster bis zehnter Größe den kleinsten Fixsternen ähnlich, von diesen schwer zu unterscheiden sind. Harding, Professor der Astronomie in Göttingen, bemühete sich daher gemeinschaftlich mit Schröter, die Sternkarte durch Bestimmung und Eintragung vieler Sterne sechster bis zehnter Größe zu vervollkommnen. Im Sommer 1804 war Harding bei Schröter in Lilienthal damit beschäftigt und trug am 1. September Abends 10 Uhr einen Stern achter Größe in die Karte, den er für einen Fixstern hielt. Diesen kleinen Stern fand er am vierten und fünften Tage fortgerückt, so daß es ihm nicht mehr zweifelhaft sein konnte, den dritten der kleinen Planeten, den er Juno nannte, entdeckt zu haben. Auch Olbers, dem er diese Entdeckung sogleich meldete, fand am 8. September die Juno an der bezeichneten Stelle.

Durch diese neue Entdeckung wurde die Hyothese, welche Olbers aufgestellt, nicht nur bestätigt, sondern Olbers wies auch nach, daß alle zwischen Mars und Jupiter etwa noch existirenden Fragmente die

Sternbilder Jungfrau und Walfisch passiren müßten, daß man daher noch andere Planeten entdecken könne, wenn man diese Stelle des Himmels zur Zeit ihrer Opposition zur Sonne genau beobachte. Dies führte er selbst mit der größten Ausdauer durch und sein Fleiß wurde auch durch den glänzendsten Erfolg gekrönt. Am 29. März 1807 entdeckte er im nördlichen Flügel der Jungfrau einen ihm noch unbekannten hellen Stern sechster Größe, den er bald wegen seiner Fortbewegung am Himmel als Planeten erkannte und Vesta nannte.

Nicht minder als diese planmäßig ausgeführte Auffindung eines Planeten verdient unsere Bewunderung die rasche Berechnung seiner Bahn durch Gauß, der 1807 von Braunschweig als Professor der Mathematik nach Göttingen berufen wurde, da er sich bereits durch die Berechnung der Bahnen der Ceres, Pallas und Juno als den bedeutendsten Mathematiker und rechnenden Astronomen gezeigt hatte. Am 20. April, Abends 10 Uhr, erhielt er von Olbers einen Brief, in welchem ihm die zur Bestimmung der Bahn nothwendigen Beobachtungen mitgetheilt wurden, und nach zehnstündiger Arbeit sandte er am 21. April, Abends 6 Uhr, an Olbers die berechneten Elemente der Bahn nebst deren Vergleichung mit 23 Beobachtungen. Durch spätere Beobachtungen Herschel's und Schröter's wurde nachgewiesen, daß die Vesta, deren Durchmesser man anfangs für unmeßbar hielt, kleiner als alle damals bekannten Planeten und Monde ist und daß sie einen auffallenden Lichtwechsel zeigt. Unter günstigen Verhältnissen erscheint sie dem unbewaffneten Auge als ein Fixstern der sechsten oder siebenten Größe mit einem fixsternähnlichen Lichte, was in der besonderen Beschaffenheit ihrer Oberfläche seinen Grund haben muß. Zuweilen sieht man die Vesta auch mit einer Dunsthülle umgeben.

Durch die Entdeckung dieser vier kleinen Planeten hat die Ausbildung der theoretischen und praktischen Astronomie außerordentlich gewonnen. Ganz allein die Arbeiten von Gauß, aus dem geocentrischen Bogen, den ein Planet beschreibt, d. h. dem Bogen, welchen er, vom Mittelpunkt der Erde aus betrachtet, am Himmelsgewölbe beschreiben würde, den heliocentrischen Bogen zu berechnen, d. h. denjenigen, welchen der Planet, vom Mittelpunkte der Sonne aus betrachtet, beschreiben muß, — würden unserem Jahrhundert in der Geschichte der Sternkunde eine hohe, ehrenvolle Stellung sichern. Allein auch für die physische Astronomie ist ihre Entdeckung von großer

Wichtigkeit gewesen, denn diese vier kleinen Planeten müssen, wenn sie in ihrer Bahn dem Jupiter am nächsten sind, durch dessen ungeheure Masse die größten Störungen oder Ablenkungen erleiden, die umgekehrt dazu beigetragen haben, die Masse des Jupiter selbst genau zu bestimmen.

Achtunddreißig Jahre waren seit der Entdeckung der Vesta verflossen, ohne daß ein neuer Planet zwischen Mars und Jupiter entdeckt war, und die Aufmerksamkeit der Astronomen schien sich von diesem Thema abgewandt zu haben. Da überraschte der Postmeister Henke in Driesen, einem kleinen Landstädtchen an der Netze im Regierungsbezirke Frankfurt a. O., durch die Nachricht, daß er am 8. December 1845 einen neuen Planeten, der den Namen Asträa erhielt, entdeckt habe. Zwei Jahre später, am 1. Juli 1847, entdeckte derselbe Postmeister Henke den sechsten kleinen Planeten, die Hebe, und in demselben Jahre Hind in London am 13. August die Iris, am 18. October die Flora und von dieser Zeit an ist fast kein Jahr verflossen, in welchem nicht einer oder mehrere dieser kleinen Planeten oder Planetoïden entdeckt wären, so daß ihre Zahl jetzt 135 beträgt. Nach dem in Benthin's Lehrbuch der Sternkunde gegebenen Verzeichnisse der bis zum September 1871 entdeckten 117 Planetoïden waren in Deutschland 25 entdeckt, nämlich außer den bereits erwähnten sechs ersten 17 von Dr. Luther in Bilk (bei Bonn) und 2 in Berlin, die Erato von meinem ehemaligen Schüler Dr. Lesser in Gemeinschaft mit Dr. Förster, die Semele von Dr. Tietgen; — ferner 29 in Frankreich, davon 14 durch Goldschmidt in Paris; — 16 in England, davon 10 durch Hind in London; 28 in den vereinigten Staaten. Einzelne dieser Planetoïden haben eine größere Excentricität, als die Planeten; bei der Pallasbahn beträgt sie sogar $^1/_4$. Auch sind die Winkel, welche ihre Bahnen mit der Erdbahn oder Ekliptik machen, sehr verschieden; bei der Themis beträgt dieser nur 49 Minuten, bei der Pallas 34° 42'. Diese kann daher auch in unseren Gegenden im Zenith erblickt werden. Ihre Umlaufszeit beträgt $3^1/_4$ bis $6^1/_2$ Jahre, ihr Durchmesser zwischen 3,3 (Hestia) und 58,5 geographische Meilen (Vesta).

Nach einer Mittheilung der Magdeburger Zeitung ist der 135ste Planetoïd am 18. Februar 1874 von Professor Peters, Director des Hamilton-College zu Clinton im Staate New-York entdeckt worden.

Dazu wird erwähnt, daß die nunmehr 135 Planetoïden von 29 Astronomen, und zwar 4 in Asien, 41 in Nordamerika und 90 in Europa entdeckt worden sind. Leverrier schätzt die Gesammtmasse aller Planetoïden auf ein Viertel der Erdmasse.*)

30. Capitel.

Die größeren Planeten.

Auch den übrigen Planeten wurde in dieser Zeit die größte Aufmerksamkeit gewidmet.

Um genauere Feststellung der Elemente des Mercur, den wegen seiner geringen Entfernung von der Sonne die wenigsten Sterblichen erblicken, haben sich besonders Lalande, v. Lindenau und Schröter verdient gemacht. Lalande, oder mit seinem vollständigen Namen: Joseph Jerome Lefrançais de Lalande, einer der größten Astronomen Frankreichs, wurde 1732 zu Bourg en Bresse geboren und studirte wider den Willen seiner Eltern die Astronomie mit solchem Eifer und Erfolge, daß er schon 1751 von der französischen Akademie nach Berlin geschickt wurde, um gleichzeitig mit dem am Cap der guten Hoffnung weilenden Caille correspondirende Beobachtungen des Mondes vorzunehmen. 1761 wurde er Professor der Astronomie am *Collège de France*. Während der Schreckenszeit der Revolution setzte er ununterbrochen seine Beobachtung fort, welche er zu seinem großen Werke: *Histoire céleste* gebrauchte. Er starb 1807. — Bernhard August von Lindenau, 1780 zu Altenburg geboren, später Minister im Herzogthum Gotha-Altenburg und auch königlich sächsischer Premierminister, ist ebenso berühmt als Astronom, wie als Diplomat und hat sich nach seinem Tode noch durch seine bedeutenden Vermächtnisse an die Städte Altenburg und Gotha ein bleibendes Andenken erworben. Ich habe wenige Menschen kennen gelernt, welche wie Lindenau in allen Gebieten des menschlichen Wissens bewandert waren und dennoch diejenige Anspruchslosigkeit in ihrer Erscheinung bewahrt hatten, die ein Zeichen der wahren Humanität ist. Für uns sind hier nur seine Arbeiten auf der Seeberger Sternwarte von Interesse. Diese Stern-

*) Seitdem sind noch neun Planeten entdeckt worden, der 144ste von Perrotin zu Toulouse am 24. April 1875, der vierte in diesem Jahre.

warte wurde 1788 von Herzog Ernst II, dem edelsten Fürsten, der nur für das Wohl seines Landes und die Wissenschaft lebte und dem Gotha den Park und die Anlagen verdankt, gegründet. Ihr erster Director, Franz Xaver v. Zach, machte die Seeberger Sternwarte zum Centralpunkt deutscher Himmelsforschung und erwarb sich sowohl um die Vermessung Thüringens, als auch um die astronomische Geographie große Verdienste. Seine Zeitschrift: »Monatliche Correspondenz« sammelte und verbreitete die astronomischen Nachrichten über alle Gegenden der Erde. 1796 fand in Gotha ein astronomischer Congreß statt, dessen Sitzungen auch der Herzog Ernst mit seiner Gemahlin beiwohnte. Von Frankreich erschien Lalande, weßhalb die österreichische Regierung die gothaische vor dem Republikaner warnte und ihren Astronomen die Theilnahme verbot. Nach dem im Jahre 1806 erfolgten Tode Ernsts II, dessen sterbliche Hülle nach seiner Bestimmung ohne Sarg auf der Parkinsel beerdigt wurde, erhielt Lindenau das Directorat der Sternwarte von 1808 bis 1818. In den letzten Jahren war Encke, der als Artillerieoffizier die Befreiungskriege von 1813—15 mitgemacht hatte, sein Gehülfe und von 1818 bis 1825 Director der Sternwarte. Als Encke im letzteren Jahre als Bode's Nachfolger nach Berlin berufen wurde, folgte ihm Hansen, der als rechnender Astronom und durch seine Erfindungen sich den höchsten Rang unter den Astronomen seiner Zeit erworben hat.

Seit mehreren Jahren befindet sich das Observatorium nicht mehr auf dem kleinen Seeberge, sondern neben dem Gothaischen Parke, da bei Stürmen die Erschütterung der Instrumente zu bedeutend war und es dem Astronomen fast unmöglich wurde, mit Familie auf dem Seeberge zu leben. Die älteren Sternwarten wurden auf bedeutenden Höhen erbaut, um einen möglichst unbeschränkten Horizont zu erlangen. Da aber die Beobachtungen in der Nähe des Horizontes die am wenigsten brauchbaren sind, so hat man in neuerer Zeit davon abgesehen, die Sternwarten auf bedeutenden Höhen zu erbauen.

Kehren wir nun zu v. Lindenau's Messungen des Mercur und der Venus zurück. Er bestimmte die Umlaufszeit des Mercur zu beinahe 88 Tagen, seinen wahren Durchmesser zu 671 Meilen, also ungefähr $^2/_5$ des Erddurchmessers, so daß der Kubikinhalt der Erde sich zu dem des Mercur ungefähr wie 17 : 1, die Masse oder Schwere aber wie 14 : 1 verhält. Schröter fand die höchsten Berge des Mercur auf dessen

südlicher Hemisphäre. Er drehet sich um seine Axe in 24^h 5', so daß der Tag wenig von dem der Erde verschieden ist. Es ist jedoch die Richtigkeit dieser Bestimmung von mehreren Astronomen bezweifelt. Die Excentricität der Mercurbahn, welche für die Erde nur $^1/_{60}$ beträgt, ist 12mal größer als diese, nämlich $^1/_5$, und übertrifft die aller großen Planeten. Daher ist der Mercur von der Sonne in seiner Sonnennähe nur 6,2 Millionen, in der Sonnenferne 9,3 Millionen Meilen entfernt. Hieraus folgt, daß in jener der Grad der Erleuchtung und Erwärmung durch die Sonne mehr als doppelt so groß sein muß, als in dieser, was schon einen bedeutenden Einfluß auf seine Jahreszeiten haben muß.

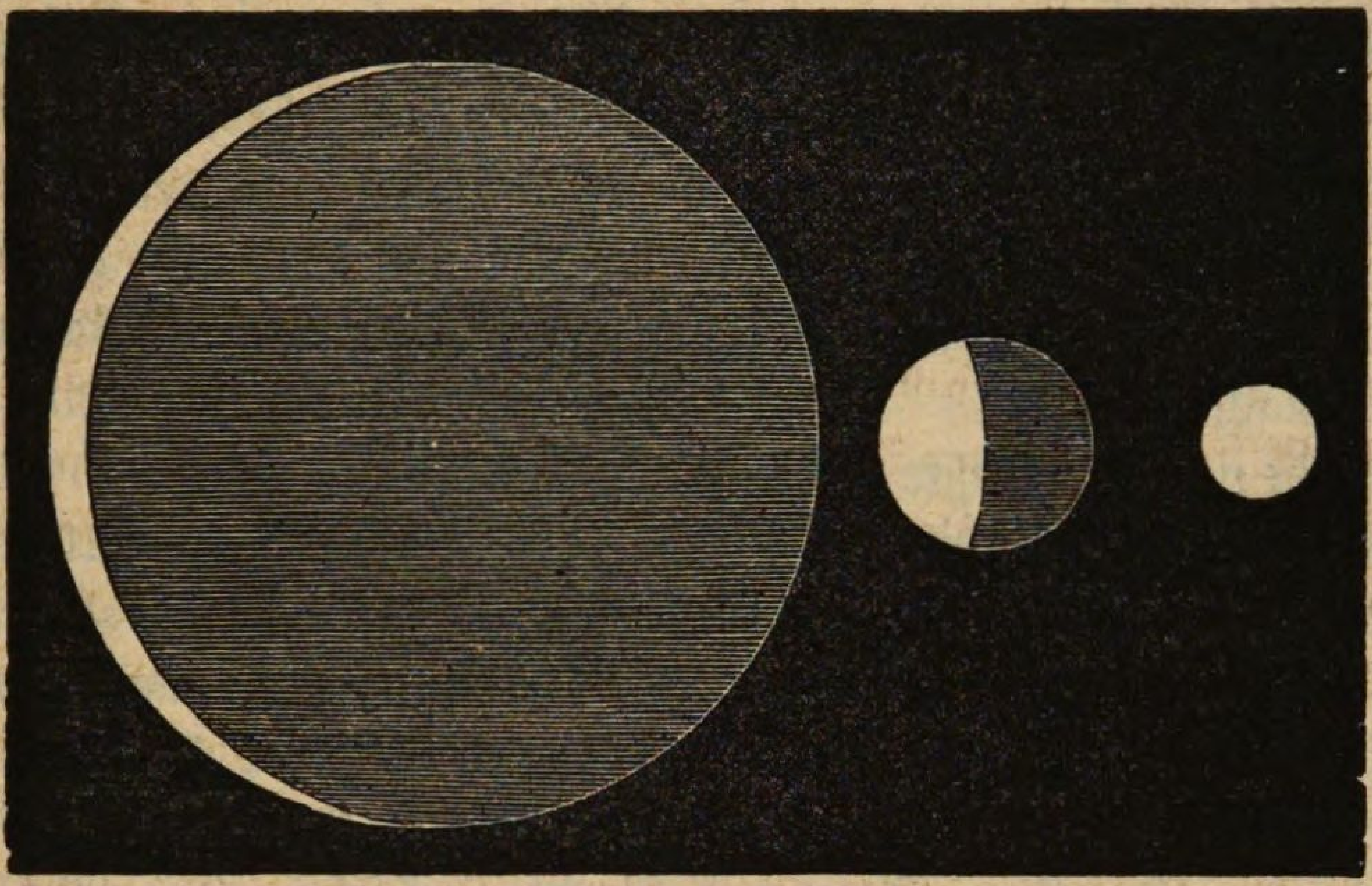
Die **Venus** nennt schon Vater Homer *κάλλιστον*, den schönsten von allen Planeten, indem er sagt:

»Hell, wie der Stern vorstrahlt in dämmernder Stunde des Melkens,
Hesperus, der der schönste erscheint von den Sternen des Himmels«

Ihre Umlaufszeit beträgt $224^3/_4$ Tage, ihre Axendrehung 23^h 21'; der Durchmesser 1694 Meilen, ist also nur 25 Meilen kleiner als der der Erde. Neueren Messungen auf der Sternwarte zu Bothkamp zufolge ist der Durchmesser nur 1626 Meilen lang und die Rotationszeit schwer zu ermitteln. Schröter wies nach, daß sie, wie die Erde, eine Atmosphäre und Berge habe, deren Höhe bis zu 7 Meilen steigt. Die meisten und höchsten befinden sich auf der südlichen Hemisphäre, wo sie oft Ketten von mehreren Hunderten von Meilen bilden.

Die Venusbahn weicht weniger als die aller übrigen Planeten vom Kreise ab, denn ihre Excentricität beträgt nur $^1/_{146}$. Die mittlere Entfernung der Venus von der Sonne beträgt 15 Millionen, die der Erde 20,7 Millionen Meilen. Die Venus ist daher in ihrer Erdnähe nur 5,7, in der Erdferne 35,7 Millionen Meilen von uns entfernt; es verhält sich daher die größte Entfernung zur geringsten wie 1 : 6 oder genauer wie 4 : 25. In ihrer Erdnähe wendet die Venus der Erde ihre dunkle Hälfte zu, wie denn Mercur und Venus ganz dieselben Lichterscheinungen oder **Phasen** zeigen, wie der Mond. In der Nähe des Perigäums erscheint daher der Mond für uns unter dem größten Durchmesser, aber durch das Fernrohr betrachtet nur als eine schmale Sichel. Fig. 24 auf folg. Seite veranschaulicht die verschiedenen Größen, unter denen uns die Venus erscheint. Die Lichtstärke der Venus, wenn sie uns als schmale Sichel erscheint, wird von Zöllner durch die Annahme erklärt, daß die Oberfläche der Venus aus einem theilweise spiegelnden

Fig. 24.



Stoffe bestehe, der unserem irdischen Wasser entsprechen dürfte. Sie würde also, wie früher die Erde, zum großen Theile mit Wasser bedeckt sein. Nach den schon erwähnten Beobachtungen in Bothkamp ist die Venus von einer Atmosphäre umgeben, »in der eine sehr dicke und dichte Schicht von Condensations-Producten schwebt«.

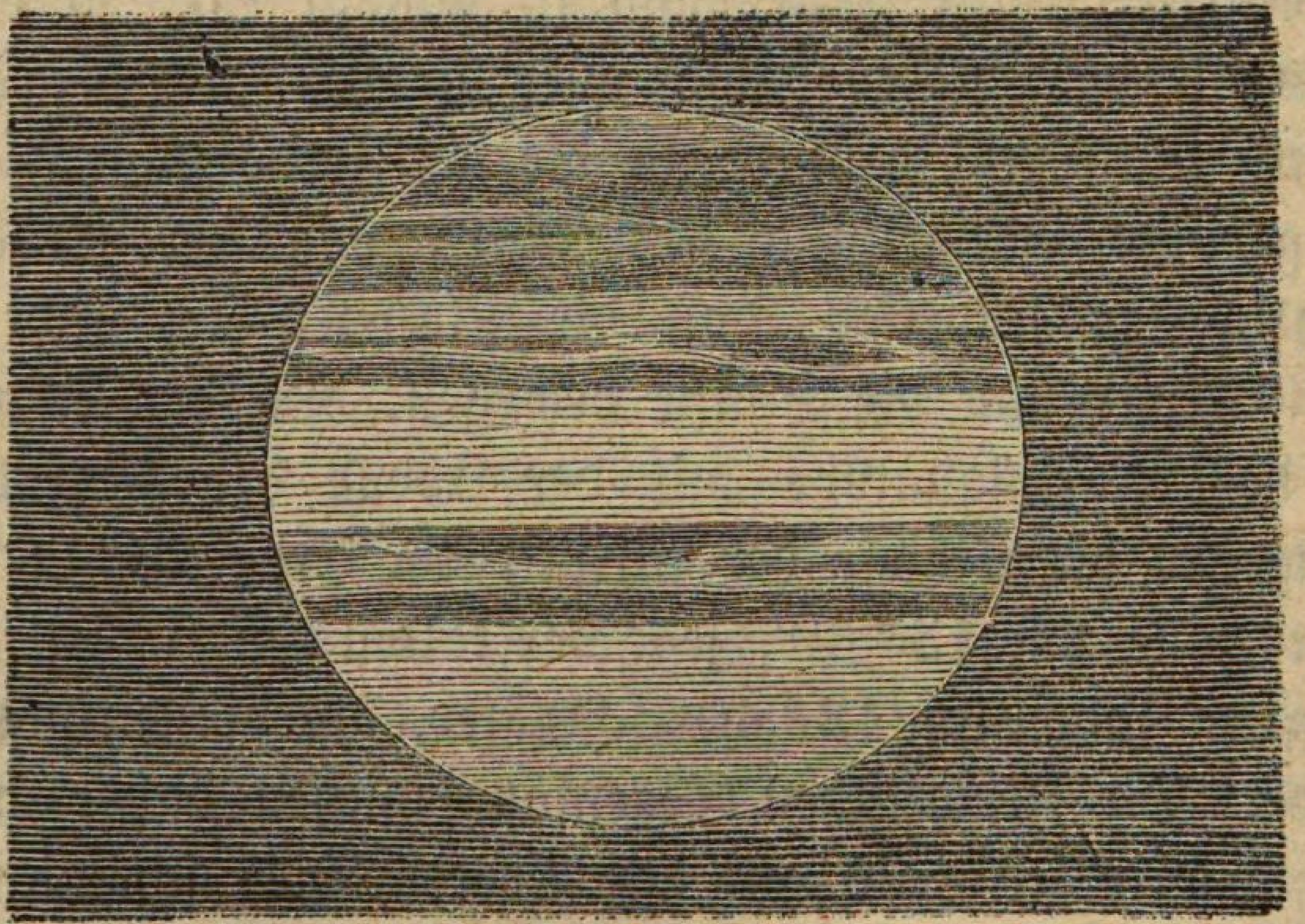
Auch die Zeit der Umdrehung des **Mars** um seine Axe, $24^h\ 37'\ 22{,}6''$ ist wenig von einem Erdentage unterschieden; seine Umlaufszeit beträgt 668⅔ Tage oder 1,88 Erdjahre. Veränderliche Flecke, besonders in den gemäßigten Zonen, deuten auf eine Atmosphäre. Sein Durchmesser, 892 Meilen, ist etwas größer als die Hälfte des Erddurchmessers, sein Kubikinhalt etwa ¼ von dem der Erde.

Die Excentricität der Marsbahn ist nahezu $1/_{11}$, so daß sie zwar geringer als die der Mercurbahn, aber größer als die aller großen Planeten und fast 6mal größer als die der Erde ist. Hierdurch und durch die geringe Entfernung des Mars von der Erde wurde es Kepler möglich, zu entdecken, daß die Planeten sich nicht in Kreisen, sondern in Ellipsen um die Sonne bewegen. Da der Winkel, welchen die Ebene des Marsäquators mit der Ebene der Marsbahn bildet, $30^\circ\ 18'$, dagegen die Schiefe der Ekliptik der Erde $23^\circ\ 28'$ beträgt, so ist die heiße Zone um $13^\circ\ 40'$, jede der kalten um $6^\circ\ 50'$ größer, jede der gemäßigten Zonen um $13^\circ\ 40'$ schmäler, als die entsprechenden Zonen der Erde. Die klimatischen Gegensätze müssen daher auch auf dem Mars weit größer sein, als auf der Erde. Dies scheint in zwei hell

glänzenden weißen Flecken in der Gegend der Pole seine Bestätigung zu finden, welche durch das helle Licht, welches die Schnee- und Eisflächen zurückstrahlen, höchst wahrscheinlich veranlaßt werden. Sonst zeichnet sich der Mars durch röthliches Licht aus. Die neuesten Untersuchungen seiner veränderlichen Flecken, besonders in der gemäßigten Zone, welche auf eine Atmosphäre schließen lassen, weisen Wassergehalt derselben nach.

Jupiter, der größte aller Planeten, hat zwar einen 11¼mal größeren Durchmesser, einen 1300mal größeren Rauminhalt, als die Erde, die Dichtigkeit seiner Masse ist jedoch beinahe 5mal geringer, so daß er an Masse oder Gewicht die Erde nur 289mal übertrifft. Er drehet sich um die Sonne in 12 Jahren weniger 50 Tagen, dagegen drehet er sich in 9^h 59′ um seine Axe, so daß in ca. 10 Stunden für seine Bewohner Tag und Nacht wechseln. Die Abplattung an den Polen beträgt $^1/_{10}$ gegen $^1/_{343}$ auf der Erde, die Schiefe seiner Ekliptik nur 3°, so daß ein Unterschied der Jahreszeiten auf ihm fast gar nicht stattfindet. Er ist nächst der Venus der glänzendste aller Planeten und von den Fixsternen kommt ihm an glänzendem weißen Lichte nur Sirius und Kanopus gleich. Bei hinreichender Vergrößerung zeigt er Streifen wie regelmäßige Wolkenbildungen, die in drei Bändern um den Aequator am stärksten erscheinen, theilweise, wiewohl langsam, ihre Form verändern, oder rasch, wie unsere Wolken, sich bewegen, und zwar 100mal schneller, als die Wolken unserer Erde (s. Fig. 25). Auch bemerkt man veränderliche, 500 Meilen tiefe Ein-

Fig. 25.

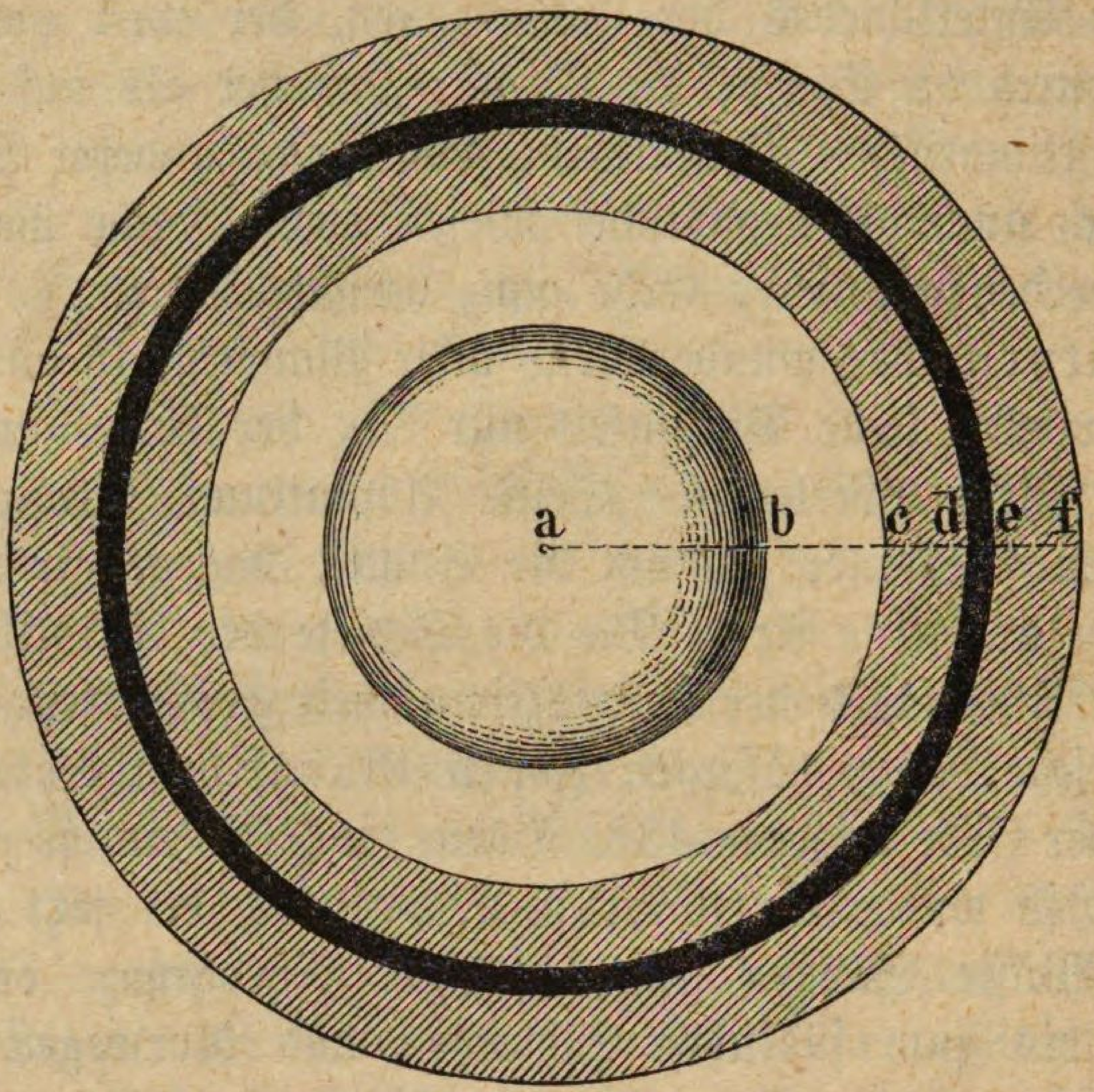


drücke. Wegen des weit rascheren Wechsels von Tag und Nacht, des mangelnden Unterschiedes der Jahreszeiten, der weit geringeren Erwärmung durch die Sonne, die 25mal schwächer als auf der Erde ist, müssen die klimatischen Verhältnisse von ganz anderer Beschaffenheit und demnach auch die organischen Wesen, wenn solche überhaupt vorhanden, von denen unserer Erde ganz verschieden sein.

Der Saturn, der wunderbarste aller Planeten, ist an Rauminhalt 908mal, da aber seine Dichtigkeit nur $^1/_{10}$ der Erde, an Masse nur 90mal der Erde überlegen. Seine Abplattung beträgt $^1/_{11}$. In $29^1/_2$ Jahren drehet er sich um die Sonne, dagegen in 10 Stunden 20 Minuten um seine Axe. Da die Schiefe der Ekliptik $= 31^0$ ist, so muß der Unterschied der Jahreszeiten weit größer sein, als auf der Erde, und jede der gemäßigten Zonen ist auf dem Saturn nur 28^0 breit, auf der Erde dagegen 43^0. Hätte die Erde eine so große Schiefe der Ekliptik, so würde der nördliche Wendekreis, der jetzt mitten durch die große Wüste Sahara geht, bis zur Nordgrenze derselben, der Polarkreis bis zum südlichen Schweden und Norwegen herabrücken und Petersburg an der Grenze der gemäßigten und kalten Zone liegen. — Die Sonne muß den Saturnbewohnern unter einem $9^1/_2$mal kleineren Durchmesser erscheinen, als uns, und die Wirkung ihrer Beleuchtung und Erwärmung 90mal schwächer sein.

Den Saturn umgeben drei Ringe, ein innerer dunkler und zwei helle, welche concentrisch sind und in der Ebene des Aequators liegen. Der innere dunkle Ring ist erst 1850 von Bond in Cambridge entdeckt worden. Er erscheint zuweilen wie ein schwarzer Gazeschleier oder auch diaphan (ziemlich durchsichtig), so daß man den Rand des Planeten durch ihn erblicken kann. In den meisten Fällen ist er nur durch den dunkelgrauen Schatten, den er auf den Saturn wirft, erkennbar. Der innere helle Ring cd (Fig. 26 auf folg. Seite) ist nur 3900 Meilen von der Oberfläche des Saturn entfernt. Der Zwischenraum de zwischen diesem und dem äußeren hellen Ringe ef beträgt 400 Meilen, die Breite des letzteren 2200 Meilen. Die Dicke der Ringe ist schwer bestimmbar und wird daher auch verschieden zu 9 oder 30 geographischen Meilen angegeben. In neuerer Zeit hat man in dem äußeren Ringe noch weitere Theilungen wahrgenommen, die jedoch veränderlich erscheinen. Diese äußeren Ringe werfen schwarze Schatten auf den Saturn. Die Ringe scheinen durch die rasche Axen-

Fig. 26.

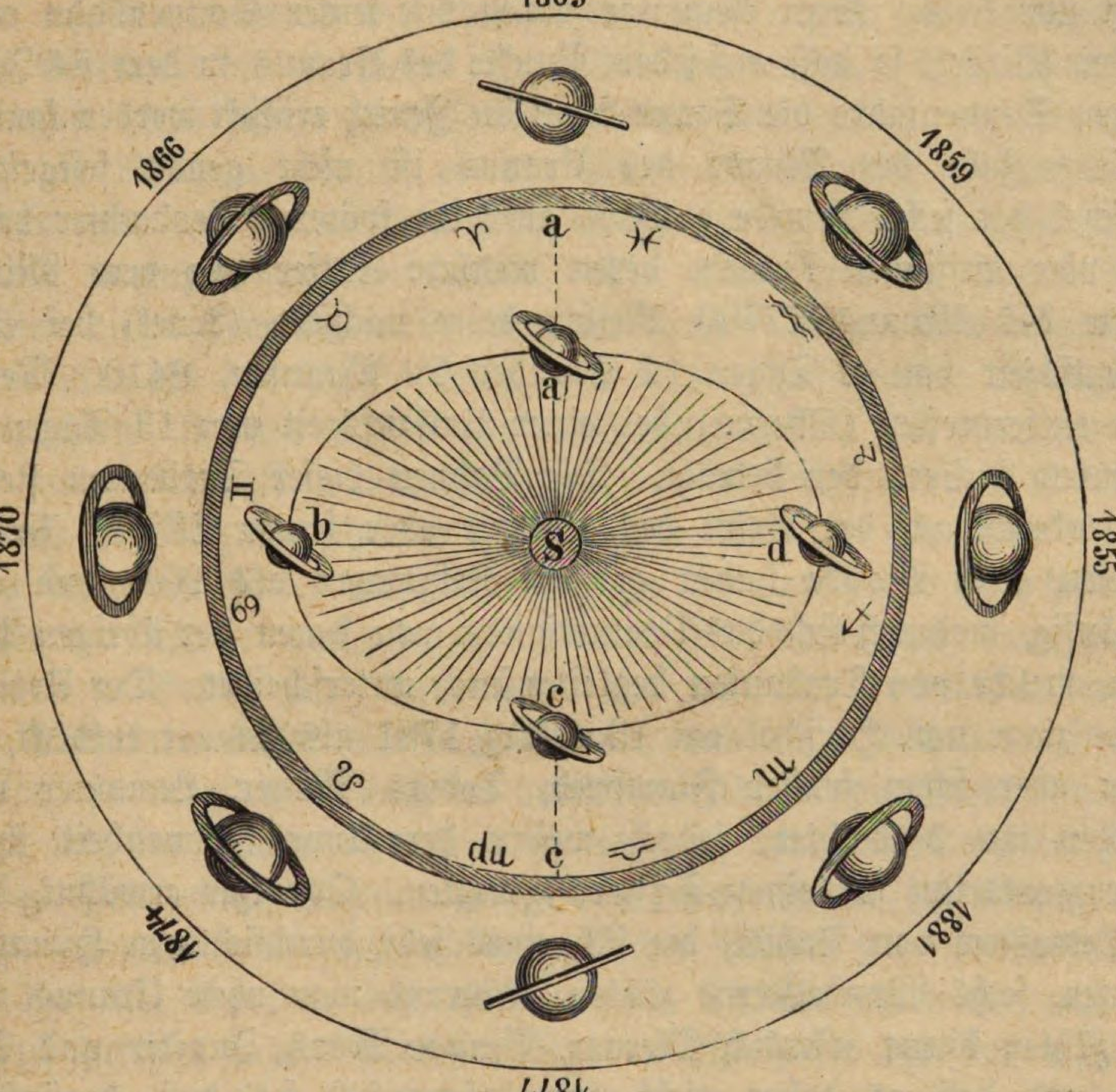


drehung des Saturn erklärt werden zu können und der äußere einen tropfbarflüssigen, der innere einen gasförmigen Aggregatzustand zu haben. Der Saturn hat acht Monde, von denen der nächste nur 24800, der entfernteste 466900 geographische Meilen vom Mittelpunkte des Saturn entfernt ist. Jener bewegt sich in 22^h 37′, dieser in 79^t 7^h 45′ um den Planeten.

Der Ring ist für uns nur sichtbar, wenn die erweiterte Ebene desselben weder durch die Sonne, noch durch die Erde geht, auch kann er nach den verschiedenen Lagen zu unserer Erde in verschiedener Gestalt erscheinen. Auf dem Saturn selbst ist der Ring in den Polargegenden nie sichtbar; in den mittleren Graden der Breite erscheint er als ein Gewölbe am Himmel, 26mal so breit, als der Durchmesser unseres Vollmondes. In den Aequatorialgegenden endlich erscheint er als ein schmaler Bogen, der nur bei Tage sichtbar ist. Er entzieht großen Landstrecken durch seinen Schatten mehrere Jahre hindurch das Sonnenlicht.

Fig. 27 auf folg. Seite veranschaulicht die wechselnden Formen, in welchen der Saturn während seines fast ein Menschenalter dauernden Umlaufs, von der Erde aus gesehen, erscheinen muß. In den Stellungen

Fig. 27.



der Jahre 1863 und 1877 erscheint der Ring nur als geradliniger Streifen, gleichsam eine Verlängerung des Aequators, in den übrigen Stellungen als eine gegen den Hauptkörper verschiedenartig geneigte Ellipse. Auch der Saturnkörper zeigt, wie der Jupiter, nur schwächer, veränderliche Streifen, welche ebenso wie die Schwächung des Lichtes der Fixsterne, welche dem Saturn sehr nahe kommen, auf das Vorhandensein einer Atmosphäre hindeuten.

Die Entdeckung des Uranus und seiner sechs Monde durch Herschel habe ich bereits erwähnt. Obwohl er einen Durchmesser von 7466 Meilen, 4,4mal größer als der Erddurchmesser, hat, so ist er doch kaum mit unbewaffnetem Auge sichtbar. Die Dauer seiner Umdrehung um die Axe ist wegen seiner großen Entfernung von der Erde, die 376 bis 416 Millionen Meilen beträgt, noch nicht bekannt. Der Durchmesser der Sonne erscheint für den Uranusbewohner nur $^1/_{19}$ so

groß, als uns, und ihr Erleuchtungs- und Erwärmungsvermögen beträgt nur $^1/_{163}$. Sein Aequator macht mit seiner Sonnenbahn einen rechten Winkel, so daß auf jedem Punkte des Uranus in dem 84 Jahre langen Sonnenjahre die Sonne 2mal im Zenith erblickt werden kann.*) Die Zahl der Monde des Uranus ist nicht genau festgestellt. Herschel hat sechs Monde entdeckt, aber die späteren Beobachter haben nur vier auffinden können, deren mittlere Entfernung vom Mittelpunkte des Uranus 27700 Meilen beim nächsten (Ariel) bei einer Umlaufszeit von 2 Tagen 12 Stunden 29 Minuten, 84100 Meilen beim entferntesten (Oberon) bei einer Umlaufszeit von 13 Tagen 11 Minuten 3 Secunden beträgt. Die Bahnen dieser Trabanten stehen fast senkrecht auf der Bahn des Saturn oder seiner Ekliptik, ja die äußeren zwei Monde haben größere Neigungen als 90°, sind also rückläufig, wodurch sich das Uranussystem von denen der übrigen Planeten, welche von Trabanten begleitet sind, unterscheidet. Der Uranus wurde zwar von Herschel am 13. März 1781 als Planet entdeckt, es haben aber schon früher Flamsteed, Tobias Mayer, Lemonier und Bradley ihn beobachtet, jedoch wegen der Unvollkommenheit ihrer Instrumente ihn für einen Fixstern gehalten. Oppolzer erwähnt, daß die Bewohner von Tahiti, die sich eines sehr durchsichtigen Himmels erfreuen, sechs Wandelsterne zählen, während man ohne Uranus nur fünf zählen könne, nämlich Mercur, Venus, Mars, Jupiter und Saturn, und daß es daher nicht unwahrscheinlich sei, daß, begünstigt durch die Reinheit des Himmels, Uranus als Planet von diesem Naturvolke erkannt sei.

Die vielen Arbeiten der Astronomen, welche dem Uranus gewidmet wurden, ergaben, daß die Berechnung mit der Beobachtung nicht übereinstimmte; es mußte daher eine noch unbekannte Ursache vorhanden sein, welche diese Störungen bewirkte. Dies veranlaßte den Director der Pariser Sternwarte, Leverrier, noch einen entfernteren Planeten anzunehmen. Um diesen zu finden, ergaben sich als unbekannte Größen:

1) die Bahnelemente des Unbekannten, 6 Elemente,
2) die Verbesserungen der Uranusbahn, 6 Elemente,
3) die Masse des Unbekannten, 1 Element,

---

*) Buffham schließt aus drei Beobachtungen von Flecken, daß die Umdrehungszeit 12 Stunden beträgt und der Aequator mit der Bahn einen Winkel [illegible] 80° macht.

zusammen also 13 unbekannte Größen, die in die Rechnung eingeführt werden mußten, wodurch die schwierigsten Rechnungen entstanden, für welche Leverrier die Formeln erst entwickeln mußte. Vom Januar bis August 1846 führte er diese Riesenarbeit aus und in der Augustsitzung der Akademie theilte er die Elemente des noch ungesehenen Planeten mit, aus denen sein Ort am Himmel für jeden beliebigen Zeitpunkt berechnet werden konnte. Die Beobachter in Paris beurtheilten dieses gewonnene Resultat, das unsere größte Bewunderung verdient und als der höchste Sieg, den je die Wissenschaft errungen, zu betrachten ist, mit Mißtrauen und beobachteten die angegebene Stelle nicht. Deßhalb wandte sich Leverrier an Dr. Galle in Berlin, der durch Entdeckung mehrerer teleskopischen Planeten sich schon einen Namen erworben hatte, und bat ihn, an der durch die Berechnung angedeuteten Stelle nachzuforschen. Am 23. September kam dies Schreiben in Berlin an. Galle stand eine von Dr. Bremiker vollendete Sternkarte dieser Stelle zu Gebote, und da auch heiterer Himmel war, so verglich er noch an demselben Abende die Sterne dieser Gegend mit der Karte. Da fand er nahe an dem von Leverrier berechneten Orte einen Stern achter Größe, aus dessen Fortbewegung bald zu erkennen war, daß es der gesuchte Planet sei. Neidlos erklärte der alte Encke, daß noch nie die Theorie einen so großen Triumph gefeiert habe. Professor Zeune schlug für den neuen Planeten den Namen Janus vor, was Leverrier deßhalb nicht annahm, weil es ganz unentschieden sei, daß dieser der äußerste Planet sei. Andere schlugen den Namen Leverrier vor, aber die französische Akademie gab ihm auf Leverrier's Vorschlag den Namen Neptun und als Zeichen den Dreizack. Seine mittlere Entfernung von der Sonne beträgt 598 Millionen Meilen; er ist 250mal größer als die Erde und seine Umlaufszeit beträgt 163 Jahre 210 Tage. Der Lichtstrahl, welcher vom Neptun zu uns gelangt, gebraucht zu seinem Wege ungefähr 4 Stunden. Ein Trabant des Neptun ist beobachtet worden, dessen mittlere Entfernung vom Mittelpunkte des Neptun, 47500 Meilen, ungefähr der Entfernung unseres Mondes vom Mittelpunkte der Erde gleichkommt. Seine Umlaufszeit beträgt 5 Tage 21 Stunden 4 Minuten.

Spätere Untersuchungen haben herausgestellt, daß schon Lalande 1795 und ebenso Lamont 1845 und 1846 diesen Stern beobachtet,

ihn jedoch für einen Fixstern gehalten haben. Ob zu unserem Sonnensystem noch Planeten gehören, die näher der Sonne als Mercur oder entfernter als der Neptun sind, hat bis jetzt noch nicht festgestellt werden können. Jene könnten wegen der geringen Entfernung von der Sonne nur beobachtet werden, wenn sie als dunkle Flecke vor der Sonnenscheibe vorübergehen, was mehrere Astronomen beobachtet haben wollen. Mit großer Bestimmtheit wird dies angegeben

von	d'Angos	für	den	28. Januar 1798
»	Fritsch	»	»	10. October 1802
»	Stark	»	»	9. October 1819
»	Stark	»	»	2. Februar 1820
»	Lescarbault	»	»	26. März 1859.

Diese Beobachtungen umfassen eine Periode von 14287 Tagen, welcher Zeitraum, durch 680 dividirt eine Umlaufszeit von 21,01 Tagen ergeben könnte. Auch Leverrier behauptet, daß Unregelmäßigkeiten in der Bahn des Mercur auf mehrere solche intramercuriale Planeten hindeuten, allein erwiesen ist ihre Existenz nicht.

Die Frage, ob auch noch Planeten, welche entfernter als der Neptun sind, existiren, ist jetzt noch nicht zu entscheiden. Nach Oppolzer hört unser Sonnensystem da auf, wo die Anziehungskraft der Sonne durch die anderer Fixsterne aufgehoben wird. Der nächste Fixstern, α Centauri, ist beinahe 5 Billionen Meilen von der Sonne entfernt und seine Masse beträgt ungefähr 0,8 der Sonnenmasse. Hiernach möchte also die geringste Entfernung der Grenze unseres Sonnensystems 3 Billionen Meilen betragen.

31. Capitel.

Widerstand des Aethers. Kometen.

Nicht minder großartig und ruhmvoll war die von Encke in Berlin durch Rechnung gemachte Entdeckung des Widerstandes des Aethers. Das 19. Jahrhundert ist reich gewesen an Entdeckungen von Kometen, von denen jedoch die meisten kaum oder gar nicht mit unbewaffnetem Auge zu erkennen waren. Unter den größeren zeichnete sich aus der vom Jahre 1807 durch seine außerordentliche Lichtstärke und die lange Dauer seiner Sichtbarkeit, denn er blieb ein halbes Jahr sichtbar. Vom 20. October an zeigte er zwei Schweife, von denen der nördliche

10°, der andere 4½° lang war. Die Umlaufszeit dieses Kometen wurde zu 1713½ Jahren berechnet. Im Jahre 1811 erschien der große Komet, der nicht nur wegen seiner Größe und der Dauer seiner Sichtbarkeit, sondern auch wegen seiner Gestalt und Helligkeit zu den seltensten Himmelserscheinungen gehört. Seine Umlaufszeit beträgt 3065 Jahre. Zuerst entdeckte ihn Flaugergues in Viviers am 26. März 1811 als einen teleskopischen, der nach dem 2. Juni hinter die Sonne trat. Am 20. August trat er aus den Sonnenstrahlen heraus, und nun erst entfaltete er die Pracht, welche die Aufmerksamkeit auch des Gleichgültigsten erregen mußte. Mädler, dessen Beschreibung ich hier wiedergebe, bezeichnet seine Erscheinung als diejenige, die zuerst seine Liebe zur Himmelskunde rege gemacht habe. »Am 15. October erreichte er seine Erdnähe, und obgleich auch in dieser noch 25½ Millionen Meilen entfernt, war doch Alles in ihm mit großer Deutlichkeit erkennbar. Der 12 bis 15 Millionen Meilen lange Schweif ging nicht vom Kopfe aus, sondern umgab diesen mantelartig in Form einer Parabel, in deren Brennpunkt der Kopf stand, in welchem Kern und Nebelhülle zu unterscheiden waren. Der Kern war klein und sternpunktartig, nach Herschel am 15. October 93 geographische Meilen im Durchmesser. Am 1. December bedeckte dieser Kern den Stern α des Adlers so central, daß dieser einige Stunden seinen Kern zu bilden schien, was zur Erhöhung des Glanzes diente. Noch im Januar 1812 war er deutlich zu sehen, dann verschwand er in den Sonnenstrahlen und entfernte sich nun beträchtlich von Erde und Sonne.« Nach dieser Zeit beobachtete ihn noch v. Wisniewsky in Neu-Tscherkask am schwarzen Meere vom 31. Juli bis 17. August in einer Entfernung von 80 Millionen Meilen mit einem achromatischen Fernrohre von 3½' Brennweite. Rechnet man die Unterbrechungen mit, so ist der Komet von 1811 511 Tage sichtbar gewesen.

Das Jahr 1811 brachte noch einen zweiten Kometen von 763½ Jahren und das folgende Jahr 1812 einen von 70⅔ Jahren Umlaufszeit, beide entdeckt vom Director der Sternwarte zu Marseille, Louis Pons, der allein von 1801—27 37 Kometen entdeckt hat. 1815 entdeckte Olbers einen dem bloßen Auge nicht sichtbaren Kometen, dessen Umlaufszeit Bessel auf 71 Jahr 11 Monat und 3 Tage berechnete. Die Jahre 1817 und 18 brachten vier teleskopische Kometen. 1819

wurde ein Komet in der Nacht vom 30. Juni zum 1. Juli plötzlich man sagt, zuerst von einem Berliner Nachtwächter, gesehen, welcher (nämlich der Komet) bald darauf wieder verschwand. In demselben Jahre wurden noch zwei teleskopische Kometen entdeckt, deren Umlaufszeit bei beiden 5 bis 6 Jahre betrug. Man konnte nun die berechneten Kometen mit elliptischen Bahnen in zwei Gruppen theilen; die innere Gruppe bilden neun von 3⅓ bis 7 Jahren Umlaufszeit, die äußere fünf mit einer Umlaufszeit von 60—77 Jahren.

Der Halley'sche Komet erschien im Jahre 1835 wieder, aber 1 Jahr und einige Monate später, als Halley seine Wiederkehr berechnet hatte, welche Verspätung der Einwirkung des Jupiter und Saturn zugeschrieben wurde. Größe und Lichtstärke waren weit geringer als im Jahre 1760. Der Komet von 1843 wurde bei Tage dicht bei der Sonne von einzelnen Beobachtern erkannt. Der Donati'sche Komet vom Jahre 1858 ist gewiß noch in Aller Erinnerung. Donati in Florenz, nach welchem dieser Komet benannt wird, entdeckte ihn zuerst am 2. Juni 1858 als einen Nebelfleck nahe beim Sterne λ des Löwen, der in den darauf folgenden 80 Tagen nur dem bewaffneten Auge sichtbar war. Erst vom 20. August an konnte ein Schweifwölkchen mit bloßen Augen gesehen werden; dieses nahm nun rasch zu und erreichte am 12. September eine Länge von 6°. Am 17. September hatte der Kern die Größe eines Sternes zweiter Größe, am 20. begann eine Theilung des Schweifes; am 10. October erstreckte sich sein Schweif bis zu einer Länge von 55°, aber schon bald darauf, zwischen dem 16. und 20. verschwand er für uns, während Moësta in S. Jago de Chili ihn noch vom 30. October bis 1. März 1859 beobachtete. Seine Umlaufszeit ist zu 2000 Jahren berechnet.

Der Komet von 1861 war im nördlichen Europa wegen seiner hellen Sommernächte weniger sichtbar, als in Südeuropa. In Athen wurde er zuerst am 30. Juni am nordwestlichen Horizonte und zwar mit einem mindestens 120° langen Schweife erblickt, während man Tags zuvor keine Spur von ihm wahrgenommen hatte. Er hatte ein so starkes Licht, daß Häuser und Bäume einen schwachen Schatten warfen und man anfangs eine Feuersbrunst vermuthete. Rasch nahm er jedoch ab, und in der zweiten Hälfte des Juli war er nur noch schwer mit unbewaffnetem Auge zu erkennen.

Besondere Betrachtung verdienen folgende drei Kometen von geringer Umlaufszeit: der Biela'sche, nach seinem Entdecker und Berechner, dem österreichischen Hauptmann Biela zu Josephstadt benannt, der Olbers'sche und der Encke'sche Komet, der eine Umlaufszeit von 1208 Tagen hat. Um die Fehler zu beseitigen, welche sich bei der schärfsten Berechnung dieses Kometen ergaben, nahm Encke an, daß der Weltenraum nicht, wie man bisher geglaubt, ein absolut leerer Raum sei, sondern von einer unendlich dünnen Luft erfüllt werde, die er nach dem Namen, welchen die obere Luft bei den Griechen hatte, Aether nannte. War dieser Aether im Weltenraume wirklich vorhanden, so mußte sein Widerstand bei der Berechnung der Kometen eine weit größere Verzögerung bewirken, als bei den Planeten, da die Dichtigkeit jener außerordentlich gering ist. Eine Kugel von Platina oder Blei fällt in der Luft mit weit größerer Geschwindigkeit als ein Stück Kork oder gar eine Flaumfeder. Denken wir uns aber eine Kugel von Platina und eine Kugel von Kork von gleichem Gewicht, so ist der Rauminhalt der ersteren 89 mal größer als der der letzteren, der Durchmesser beinahe 4½ mal größer, der Querdurchschnitt oder der größte Kugelkreis, der das Maß der verdrängten Luft ist, nahezu 20 mal größer. Während nun 1 Pfd. Platina mit derselben Kraft beim Falle sich bewegt, als 1 Pfd. Kork, hat letzteres die 20fache Masse der Luft zu verdrängen, folglich muß die dadurch entstehende Verzögerung auch 20 mal größer sein. Der Unterschied der specifischen Schwere der Planeten und der Kometenmasse ist aber so ungeheuer, daß der Widerstand des Aethers für die Planeten = 0, für die Kometen eine berechenbare Größe ist. Encke führte bei der Berechnung seines Kometen diesen Widerstand als unbekannte Größe ein und erhielt dadurch ein Mittel, die Bahn bis zur wünschenswerthen Genauigkeit zu bestimmen.

Von der großen Zahl der Kometen haben die meisten elliptische Bahnen, bewegen sich also wie die Planeten um die Sonne, in deren Nähe ihre Geschwindigkeit so groß ist, daß sie nur kurze Zeit für uns sichtbar werden, dann aber so weit sich von der Sonne entfernen, daß sie wegen des unendlich kleinen Gesichtswinkels, unter welchem sie erscheinen, auch mit den besten Fernrohren nicht erkannt werden können. In ihrer Sonnenferne ist ihre Geschwindigkeit sehr gering. Man hat aber auch Kometen beobachtet, welche statt der elliptischen eine para=

bolische oder hyperbolische Bahn hatten, so daß sie, ihren Lauf nicht auf unser Sonnensystem beschränkend, über dasselbe hinaus zu andern Sonnensystemen übergehen.

Daß die Kometen aus einer unendlich dünnen ätherischen Masse bestehen, ist schon seit Jahrhunderten vermuthet, weil man durch den Schweif, ja sogar durch den Kern Fixsterne siebenter und achter Größe erkennen kann. Von dem leicht möglichen Zusammenstoßen eines Kometen mit der Erde ist daher nicht das Geringste zu befürchten. Der große Komet von 1770 ging mitten durch das System der Jupiter-Trabanten hindurch und erlitt zwar durch die Anziehung des Jupiter eine bedeutende Veränderung seiner Bahn, dagegen haben seine kleinen Trabanten durch den Kometen gar keine Störung erlitten, ein Beweis dafür, daß die Masse des Kometen äußerst gering war. Die Erde ist mehrmals von Kometen gestreift worden, was bei Tage durch eine sehr geringe Schwächung und Färbung des Sonnenlichtes, mit einem schwachen Höhenrauche vergleichbar, erkannt werden konnte. Am 27. November 1872 hatten wir vom Beginn der Dunkelheit an die ganze Nacht hindurch den prachtvollsten Sternschnuppenfall, den wir wohl überhaupt erlebt haben. Denn nicht von Hunderten und Tausenden dieser feurigen Erscheinungen konnte die Rede sein, ihre Zahl war gar nicht zu schätzen, da sie sich über einen großen Gürtel des Himmels erstreckten. Da diese auffallende Erscheinung nicht zu einer Zeit eintrat, in welcher regelmäßig Sternschnuppen in großer Zahl beobachtet werden, so vermuthete man auf der Göttinger Sternwarte, daß wir uns im Schweife des Biela'schen Kometen befänden, dessen Kern auf der entgegengesetzten Hälfte der Himmelskugel beobachtet werden könne. Professor Klinkerfues sandte daher durch den Telegraphen an Pogson in Madras die Nachricht, daß der Komet die Erde selbst berührt habe und der Kern im Centaurus beim Stern Θ (theta) zu suchen sei. Dort fand man ihn am 2. December Mittags.

Noch ist eine eigenthümliche Theorie zu erwähnen, welche Zenker aufgestellt hat. Nach dieser besteht der Kometenkern übereinstimmend mit Zöllner's spectroskopischen Untersuchungen aus Wasser und Kohlenwasserstoffen, das Wasser jedoch im festen Zustande. Der Kometenkern ist also eine Eismasse, welche, der Sonne näher kommend, auf der der Sonne zugewandten Seite in Wasserdampf verwandelt wird. Wenn der Kern sich nicht um seine Axe drehet, wird die der Sonne

abgewandte Seite nicht geschmolzen. Die von der Sonnenseite aufsteigenden Dämpfe breiten sich nach allen Richtungen aus, aber in Folge der durch die Ausdehnung bewirkten Abkühlung werden sie zu Tropfen, Schneeflocken oder Eisbällen condensirt. Die einseitige Dampfentwickelung erzeugt einen Rückstoß und so entsteht der von der Sonne abgewandte Schweif. Dieser muß um so größer werden, je mehr der Komet der Sonne sich nähert. Drehet sich aber der Komet um seine Axe, so findet das Schmelzen und Verdampfen des Eiskernes auf allen Seiten statt und der Komet wird ein von einer Nebelmasse umgebener Kern. Die Erscheinung von Kometen, deren Schweif der Sonne zugewandt, wird jedoch hierdurch nicht erklärt. Der Verfasser des Aufsatzes in Nr. 35 des Jahrganges 1872 des »Naturforscher«*) bemerkt hierzu, daß einzelne Kometen auch nicht verdampfbare Stoffe enthalten können, eine Art Kometenstaub, welcher nicht wie die Wasserdämpfe zurückgestoßen, sondern von der Sonne angezogen würden. Danach müsse man drei Klassen von Kometen annehmen.

»Die Kometen der ersten Klasse bestehen nur aus verdampfbaren Stoffen, wenigstens soweit die Einwirkung der Sonnenstrahlen dringt. Bei diesen wird sich die Repulsion der Sonne in der Bildung von solifugalen (der Sonne abgewandten) Schweifen documentiren.

Die Kometen der zweiten Klasse bestehen innerhalb der Wirkungstiefe der Sonnenstrahlen aus verdampfbaren und nicht verdampfbaren Stoffen. Auch diese Kometen werden solifugale Schweife entwickeln; möglicherweise aber auch gleichzeitig solipetale (der Sonne zugewandte), wenn nämlich die Theilchen der nicht verdampfenden Stoffe leicht genug sind, um von den Dämpfen der verdampfenden Stoffe emporgeschleudert zu werden.

Die Kometen der dritten Klasse bestehen nur aus nicht verdampfbaren Stoffen, aus Kometenstaub. Dann wird von Schweifbildung nicht die Rede sein. Zu dieser Klasse dürften diejenigen Kometen zu zählen sein, welche zuerst Schiaparelli mit den Sternschnuppenschwärmen identificirt hat.«

*) Der Naturforscher. Wochenblatt zur Verbreitung der Fortschritte in den Naturwissenschaften. Herausgegeben von Dr. Wilhelm Sklarek. Berlin, Dümmler.

32. Capitel.

Von den Feuermeteoren.

Es wird hier der geeignete Anknüpfungspunkt sein, das Wichtigste über Sternschnuppen, Leuchtkugeln und Meteorsteine zu erwähnen.

Die Feuermeteore, Sternschnuppen sowohl als Leuchtkugeln, auch Asteroïden genannt, sind schnell am Himmel vorübergehende Lichterscheinungen. Die Sternschnuppen sind kleiner und häufiger; sie erscheinen an einer Stelle des heiteren nächtlichen Himmels als Lichtpunkte in Gestalt eines kleineren oder größeren Sternes, der sich rasch über einen Theil des Himmels fortbewegt, zuweilen eine Lichtspur, oder Funken sprühend einen Streifen wie eine Rakete hinter sich zurückläßt und plötzlich wieder verschwindet. Erscheinen diese Meteore größer, mit meßbarem Durchmesser, so nennt man sie Feuerkugeln oder Boliden. Bei diesen zeigt sich anfangs ein leuchtender Punkt, wie eine Sternschnuppe, oder ein lichtes bald darauf sich entzündendes Wölkchen oder ein oder mehrere sich bald vereinigende Streifen. Dieser Punkt oder Körper bewegt sich sehr rasch, zuweilen in Bogensprüngen, so daß die Wirkung sowohl eines wirklichen Stoßes, als auch der Anziehung der Erde zu erkennen ist. Er kommt näher, wird größer und erscheint als feurige Kugel, welche Flammen, Rauch und Funken hinter sich zurückläßt, was ebenso durch eine optische Täuschung zu erklären ist, wie uns ein rasch im Kreise geschwungener Körper als ein Kreis erscheint, z. B. bei den Feuerrädern der Luftfeuerwerke. Zuweilen wirft die Feuerkugel Theile von sich aus, die sich zu kleinen Feuerkugeln gestalten, und verschwindet. Wenn sie aber der Erde nahe genug kommt, so zerplatzt sie mit Knall und Lufterschütterung. Einzelne Theile explodiren zuweilen noch einmal und die unverbrannten Stücke fallen als Stein- oder Eisenmassen, welche man Meteorsteine oder Aërolithen nennt, zur Erde. Benzenberg in Hamburg und Brandes in Breslau, später in Leipzig, haben mit ihren Schülern diese Beobachtungen von verschiedenen Orten aus in der Art unternommen, daß jeder die Fixsterne aufzeichnete, von und bis zu welchem das Meteor gesehen wurde. Hiernach ist ihre Höhe zu 1 bis 100 Meilen, die mittlere Höhe zu 15 Meilen

angegeben, doch ist diese Schätzung wohl als zu niedrig zu betrachten. Die meisten Sternschnuppen bewegen sich nach unten, seltener horizontal, und noch seltener aufwärts, manche haben eine schlangen- oder hufeisenförmige Bahn. Im Allgemeinen rechnet Benzenberg auf jede Stunde acht Sternschnuppen, doch zuweilen wird ihre Anzahl größer und in der Nacht vom 7. bis 8. December 1798 zählte Brandes allein 480 Sternschnuppen. Nachdem durch ihn und Benzenberg die Aufmerksamkeit der Naturforscher auf diese Himmelserscheinungen gerichtet war, bemerkte man, daß die Zahl der Sternschnuppen in den verschiedenen Theilen des Jahres eine verschiedene sei und daß namentlich in den Nächten vom 10. bis 15. November und vom 10. bis 11. August zahlreiche, fast unzählige Sternschnuppen am Himmel erscheinen. Besonders zeichneten sich die Nächte vom 12. November 1832 und vom 13. November 1833 durch einen so glänzenden Sternschnuppenfall aus, daß die Zeitungen Nordamerika's, wo diese Erscheinung weit großartiger gewesen, als in Europa, mit den Schilderungen des prächtigen Schauspiels erfüllt waren. Zu diesen Zeiten schienen die Sternschnuppen aus der Gegend des Sternbildes des Löwen zu kommen.

Die Monate December, Januar und August sind reich an Feuerkugeln, deren scheinbare Größe sich zu der des Vollmondes steigert. Das Product ihrer Explosion sind die Meteorsteine, welche mehr oder weniger heiß zur Erde gelangen und bis zu verschiedenen Tiefen in den weicheren Erdboden eindringen. Ihre unregelmäßige Gestalt läßt sich meist auf die Grundform eines ungleichseitigen drei- oder vierseitigen Prismas oder einer verschobenen Pyramide zurückführen. Sie haben eine schwärzliche, schlackenförmige, höchstens 1/4''' dicke Rinde, sind mehr oder weniger glänzend und zuweilen so hart, daß sie am Stahle Funken geben. Innerlich zeigen sich oft Adern und eingesprengte Klümpchen von einer der Rinde ähnlichen Substanz, die mit keinem vulkanischen Gestein unserer Erde Aehnlichkeit hat. Die innere Masse der Meteorsteine besteht bald aus einer dichten grauen Hauptmasse, in welcher sich außer eingesprengtem gediegenen Eisen keine weitere Gemengtheile erkennen lassen, bald deutlich aus verschiedenen Gemengtheilen, und zwar weißen, dem Labrador, und braunen, dem Augit ähnlichen. Wenn Meteorsteine mit schwacher Salpeter- oder Salzsäure übergossen werden, so zeigen sich die von Widmanstädt zuerst beobachteten und nach ihm benannten, nämlich lineare farbige Zeichnungen,

die dadurch entstehen, daß Eisen aufgelöst und hinweggenommen wird, während Nickel und Kobalt sichtbar werden. — Aus pulverisirtem Meteorstein kann man mit einem Magnet bis zu 20 Procent Nickel und Nickeleisen ausziehen. Der Rückstand besteht aus folgenden achtzehn chemischen Elementen: Sauerstoff, Wasserstoff, Schwefel, Phosphor, Kohle, Kiesel, Kalium, Natrium, Calcium, Magnesium, Aluminium, Eisen, Mangan, Nickel, Kobalt, Chrom, Kupfer und Zinn, die zu mit andern Metallen legirtem gediegenen Eisen, zu Schwefeleisen, Magneteisenstein und verschiedenen Silicaten zusammengetreten sind.

Schon im Alterthum wird von Steinregen und Steinfällen berichtet, worüber man bis zum Anfang dieses Jahrhunderts ungläubig das Haupt schüttelte, obwohl im 18. Jahrhundert verschiedene Steinfälle constatirt sind. So fielen am 26. Mai 1751 bei Hradschina in Ungarn zwei Eisenmassen von 71 und 16 Pfd. vom Himmel. In Sibirien fand Pallas, der als Mitglied der Petersburger Akademie die zur Beobachtung des Venusdurchganges nach Sibirien entsandte Commission begleitete und bis 1774 die entferntesten russischen Gouvernements durchforschte, eine vom Himmel gefallene Steinmasse, welche 1400 Ctr. wog. Einen der jüngsten Meteorfälle beschreibt der Professor der Astronomie in Münster, Heis: Am 17. Juni 1870 Nachmittags 2 Uhr sah ein Bauer zu Ibbenbühren in Westfalen unter Detonation und Lichterscheinung einen Stein zur Erde fallen. Dem donnerähnlichen Getöse, welches von vielen Leuten bis in einer Entfernung von 3/4 Stunden gehört worden, ging eine blitzähnliche Erscheinung voraus. Beim Niederfallen hat der Colone ein Geräusch vernommen, vergleichbar demjenigen, welches eine Schaufel ertönen läßt, die man, am Stielende angefaßt, von der Höhe flach auf den Boden schlägt. — Zwei Tage später bemerkte er auf einem hartgetretenen Fußwege einen Eindruck, wie von einem Pferdehufe herrührend. Bei näherer Untersuchung wird er eine über 2 Fuß tiefe in den Boden gehende Oeffnung gewahr. Seinen Arm bis über den Ellenbogen hineinsteckend, stößt er mit den Fingerspitzen auf einen am Grunde liegenden Stein. Derselbe wird herausgenommen, zeigt sich schwarz an seiner Oberfläche, an dem einen Ende zertrümmert, von einer Art, wie sie in dortiger Gegend noch nie gesehen worden sind. Die Zertrümmerung muß vor dem Eintritt in den Boden geschehen sein, denn ein kleines 30 Gramm schweres Stück wurde 300—400 Schritt entfernt auf-

gefunden. Der Mann hat den Stein, ohne ihm ein besonderes Interesse zu schenken, bis zur Rückkehr seines Sohnes aus dem Feldzuge in seinem Hause aufbewahrt und dann dem Professor Heis überbracht, der ihn sogleich als einen Meteorstein erkannt hat. Das Gewicht beträgt über zwei Kilogramme.

Am 13. Juli 1872 zwischen 5 und 6 Uhr Nachmittags sind bei heiterem Himmel und unter mächtigen Detonationen zwei Meteorsteine im Departement Loire-et-Cher niedergefallen, — der eine 47 Kilogramm schwer, in der Gemeinde Loncé, der andere, nur ½ Pfund schwer, in der benachbarten Gemeinde Authon.

Es könnten noch eine große Zahl interessanter Meteorsteinfälle angeführt werden, da diesen jetzt größere Aufmerksamkeit zugewendet wird als früher. Die größeren Mineraliencabinete enthalten jetzt in einer besonderen Abtheilung Sammlungen von Meteorsteinen. Die größte derselben, welche der verstorbene Freiherr v. Reichenbach, der Entdecker des mysteriösen Od, besaß, ist jetzt der Sammlung der Wiener Universität einverleibt.

33. Capitel.

Verschiedene Hypothesen über den Ursprung der Feuermeteore.

Wenn Meteorsteine gefunden werden, so können sie leicht als solche erkannt werden, da keine der Gebirgsarten der Erde mit den Meteormassen Aehnlichkeit hat. Wir können die Granitgeschiebe und Fündlinge, welche sich in ungeheuren Massen in der norddeutschen Tiefebene von der Weichsel bis zur Unstrut finden, als norwegischen Granit erkennen, welcher in der Eisperiode der Erde durch ungeheure Gletscherbildungen von dem Gebirgsstocke in Norwegen losgerissen und durch die Eismassen bis in unsere Gegenden (Burgtonna) geflößt worden ist. Wir können alle die mannigfachen Steingerölle in unsern Flußbetten und im aufgeschwemmten Lande als von gleichartigen Gebirgsmassen losgerissen erklären; — bei den Meteormassen aber ist eine solche Erklärung unmöglich. Betrachten wir nun die verschiedenen Hypothesen, welche zur Erklärung dieser Himmelserscheinungen aufgestellt sind:

1) Als das Niederfallen von Steinen nicht mehr zu leugnen war, erklärte man sie zuerst als Auswürflinge unserer Vulcane. Allein die Eruptionen unserer Vulcane erfolgen in einer Richtung, welche der aufwärts-lothrechten näher liegt, als der der größten Wurfweite

entsprechenden Neigung von 45° gegen den Horizont. Nähmen wir aber auch diese günstigste Richtung an, ferner, daß die Geschwindigkeit bei der Eruption 3000 Fuß in der Secunde wäre, was gewiß viel zu hoch gegriffen ist; so könnte eine solche Masse, wenn der Widerstand der Luft gar nicht in Anrechnung gebracht würde, höchstens bis zu einer Entfernung von 25 Meilen geworfen werden. Die Erfahrung lehrt aber, daß die festen Auswürfe der Vulcane schon in sehr geringer Entfernung vom Krater niederfallen, woraus folgt, daß das Niederfallen von Meteormassen in Gegenden, welche Hunderte von Meilen von jedem Vulcane entfernt sind, nicht auf die Auswürfe der Vulcane unserer Erde zurückgeführt werden kann. Andere Verhältnisse finden bei den von den Vulcanen ausgeworfenen Aschenmassen statt, welche, bis in den oberen Luftstrom gelangend, von diesem mehr als 100 Meilen weit getrieben werden können.*) Noch gewichtiger spricht aber der Umstand gegen die vulcanische Hypothese, daß die Meteormassen eine ganz andere chemische Zusammensetzung und Structur haben, als alle uns bis jetzt bekannt gewordenen vulcanischen Producte.

2) Man hat angenommen, daß die Meteorsteine Producte der Mondvulkane seien und sie daher auch Mondsteine genannt. Abgesehen aber von dem Umstande, daß vulcanische Erscheinungen auf der uns zugewandten Mondhälfte bis jetzt noch nicht beobachtet worden sind, was schon durch mäßig vergrößernde Fernrohre hätte erkannt werden müssen, so müßten die Massen, welche von den Mondvulcanen ausgeworfen werden, eine Anfangsgeschwindigkeit von mindestens 8000 Fuß haben, wenn sie die Anziehungskraft der Mondmasse überwinden und die Erde erreichen sollten, was in ungefähr drei Stunden geschehen würde. Außerdem müßten sie in einer Richtung geworfen werden, welche mit der Verbindungslinie der Mittelpunkt des Mondes und der Erde einen Winkel von 20° macht, wenn sie die während des Falles sich in ihrer Bahn um die Sonne fortbewegende Erde treffen sollen. Es ist aber eine Wurfkraft, welche Hunderte von Centnern mit so bedeutender Geschwindigkeit ausschleudert, nicht denkbar, dagegen geradezu unmöglich, wenn man berücksichtigt, daß die Feuerkugeln,

*) Außer den älteren Aschenauswürfen den italienischen und centralamerikanischen Vulcane ist besonders der kürzlich stattgefundene Ausbruch eines isländischen Vulcans zu erwähnen, welcher Aschenregen in Norwegen und sogar in Schweden zur Folge gehabt hat.

wenn wir sie zu Gesicht bekommen, eine Geschwindigkeit von 5 Meilen oder 120000 Fuß in der Secunde haben.

3) Einzelne Naturforscher haben angenommen, daß die Atmosphäre stets verschiedene Metalltheile, welche durch Ausdünstung verflüchtigt worden sind, enthalte, die dann durch irgend eine Naturkraft, wahrscheinlich durch Elektricität und unter Lichtentwickelung, in den höheren Regionen condensirt würden, womit zugleich eine Kraftentwickelung verbunden sei, welche die so gebildeten Körper nach einer von der Richtung der Schwere abweichenden Richtung trieben. Nach unsern chemischen Kenntnissen ist es aber unmöglich, daß die meisten Bestandtheile der Meteorsteine, z. B. das Eisen, durch die uns bekannten Wärmegrade verflüchtigt werden können, am allerwenigsten, wie auch angeführt, durch das Abnutzen der Wagenreifen auf Chausseen. Wie sollte man es sich aber erklären, daß Massen von so bedeutender specifischer Schwere sich bilden könnten, ohne schon bei ihrer ersten Concentration als kleine Körnchen zur Erde zu fallen. Bei den Hagelkörnern ist nicht nur die specifische Schwere geringer, sondern sie werden wie die Papierstücke beim elektrischen Puppentanz durch zwei entgegengesetzt elektrische Wolken hin und her gezogen bis ihre Schwerkraft die elektrische Anziehungskraft übersteigt. Die Hagelkörner vergrößern sich aber auch noch während des Falles, indem sie die Wasserdämpfe, die in den zu durchdringenden Luftschichten sich befinden, anziehen und gefrieren lassen. Die atmosphärische Hypothese zur Erklärung der Entstehung der Meteoriten, welche zugleich Paul Erman eine sehr staubige nannte, entspricht am wenigsten dem heutigen Standpunkte der Naturwissenschaften.

4) Es bleibt daher zur Erklärung der Meteorsteinfälle nur die kosmische Hypothese übrig, welche bereits von Halley und andern Astronomen aufgestellt, von Chladni aber siegreich vertheidigt worden ist. Ernst Friedrich Florenz Chladni ist 1756 zu Wittenberg geboren und 1827 zu Breslau gestorben. Er hat nie ein Lehramt bekleidet, sondern vom Ertrage seiner Schriften und seiner öffentlichen Vorlesungen gelebt, die ihm zugleich Gelegenheit und Mittel zu seinen vielen Reisen verschafften. In fast allen größeren Städten hielt er bis kurz vor seinem Tode seine Vorträge nicht nur über Meteorik, sondern auch über Akustik, welche er durch genaue Untersuchung der Schallschwingungen in Saiten und Platten und durch Auf-

findung der nach ihm benannten Klangfiguren eben so bedeutend gefördert hat, als Newton die Optik. Dabei hatte er gegen die Unwissenheit der Gelehrten und Gebildeten zu kämpfen, welche, obwohl tüchtige Philologen, Juristen und Theologen, mit stolzer Verachtung auf die Naturwissenschaften herabsahen und seine kosmische Erklärung der Meteoriten geradezu für Unsinn erklärten. Die 50000 Meilen vom Monde zur Erde hatten sie sich noch gefallen lassen, die Millionen Meilen, welche die Meteoriten zurücklegen sollten, erklärte man geradezu als ein Attentat auf den gesunden Menschenverstand. Es ist dies nicht zu verwundern, da vor 50 und 60 Jahren von naturwissenschaftlichem Unterrichte auf den Gymnasien kaum die Rede war, wie er auch heute auf den lateinischen Gymnasien von nur untergeordneter Bedeutung ist, obwohl unseren Juristen, Medicinern und auch Theologen eine gründliche Kenntniß der Naturwissenschaften sehr heilsam sein würde.

Mir wurde das Glück zu Theil, Chladni's Vorträgen im Jahre 1826 in Magdeburg beizuwohnen; es ist mir aber auch erinnerlich, welche Debatten seine kosmische Hypothese, deren Vertheigung er als eine Aufgabe seines Lebens betrachtete, hervorrief. Wenn ich nicht irre, ist seine bedeutende Sammlung von Meteorsteinen, welche er in den verschiedensten Gegenden Europa's sich erworben, nach seinem Tode in den Besitz der Berliner Universität übergegangen.

Chladni behauptet mit Hinweisung auf die bereits entdeckten vier kleineren Planeten, daß es im Weltenraume nicht blos größere, sondern auch kleinere Weltkörper gebe. Wie diese entstanden, ob sie Trümmer eines zerstörten Weltkörpers sind oder der ursprünglichen Massenbildung angehören, wird schwerlich je nachgewiesen werden. Nach der kosmischen Theorie, denn nach den späteren Entdeckungen kann von Hypothese nicht mehr die Rede sein, befinden sich im Weltenraume außer der Sonne, den Planeten und ihren Trabanten unendlich viele kleinere Himmelskörper, welche entweder einzeln ihre Bahnen verfolgen, oder in Gruppen, namentlich in ringförmigen Gruppen um die Sonne sich bewegen. Einen solchen von Meteoriten erfüllten Ring durchschneidet die Erdbahn in zwei Punkten am 10. August und 13. November, weßhalb wir zu dieser Zeit eine größere Anzahl von Sternschnuppen erblicken. Da aber diese Aërolithen nach Olbers sich in diesem Ringe in 5—6 Jahren um die Sonne bewegen und einzelne

Stellen des Ringes dichter, andere dünner mit Aërolithen erfüllt sind, so muß auch diese Erscheinung in den verschiedenen Jahren sich mehr oder weniger glänzend zeigen.

Wenn ein solcher Himmelskörper in seiner Bahn einem Planeten, z. B. der Erde, sich nähert, so können je nach der Richtung und Geschwindigkeit seiner Bewegung und dem Verhältnisse seiner Masse drei Fälle eintreten.

1) Die Quantität der Bewegung der Meteoriten ist größer, als die Anziehungskraft der Erde. In diesem Falle wird der Meteorit durch die Erde abgelenkt und setzt seinen Umlauf um die Sonne in veränderter Richtung fort.

2) Beide Kräfte halten sich das Gleichgewicht. In diesem Falle wird sich der Meteorit in einer elliptischen Bahn um die Erde oder den betreffenden Planeten bewegen; er ist Trabant oder Mond geworden, wie deren die Erde einen, der Jupiter vier, der Saturn sieben u. s. w. hat. Es ist daher denkbar, daß es eine Zeit gegeben, wo die Erde keinen Mond gehabt hat, daß daher auch die Epoche, in welcher unsere Erde den Mond festgehalten oder gefangen hat, von großen Revolutionen auf unserer Erde begleitet gewesen ist. Wenigstens hat vorher Ebbe und Fluth, so wie sie jetzt auf der Erde durch die Anziehungskraft des Mondes hervorgebracht wird, nicht stattgefunden. Jetzt tritt diese Erscheinung täglich um ungefähr ³/₄ Stunden später ein, weil der Mond jeden Tag durchschnittlich ³/₄ Stunden später aufgeht. In jener Zeit hat auf der Erde eine täglich in derselben Tagesstunde eintretende Ebbe und Fluth stattgefunden, die aber weit geringer war, weil die Anziehungskraft der Sonne in ihrer größeren Entfernung weit geringer ist, als die des weit näheren kleineren Mondes. — Es kann aber auch der Fall eintreten, daß die Erde noch einmal einen Mond an sich fesselt, obwohl die Wahrscheinlichkeit nach Gruithuisens Untersuchungen äußerst gering ist. Dagegen ist es möglich, daß die Erde viele kleinere Monde hat, die als Sternschnuppen die Erde umkreisen, und deren regelmäßige Wiederkehr bis jetzt noch nicht hat festgestellt werden können, weil sie zu rasch über den Himmelsraum hinwegeilen.

3) Ist die Anziehungskraft der Erde überwiegend, so fallen die Meteoriten auf die Erde, wobei es ebenfalls denkbar ist, daß sie zuvor in einer sich immer mehr verengenden Spirale die Erde ein oder mehrere Male umkreist haben. In gleicher Weise werden sie auch von

den übrigen Planeten und von der Sonne angezogen, ja bei letzterer erklärt man auch wohl die Erhaltung des Erleuchtungs- und Erwärmungsvermögens durch das Hineinfallen von Meteoriten, die sonach als zugeführtes Brennmaterial betrachtet werden müßten, eine Hypothese, welche bei dem heutigen Standpunkte der Lehre vom Lichte als unhaltbar zu betrachten ist. Diese kleinen Meteoriten, welche auf unsere Erde fallen, werden uns erst sichtbar, wenn sie in die dichteren Schichten der Erdatmosphäre eintreten und sich daselbst wegen der stärkeren Compression der Luft und der Reibung, oder vielleicht durch Oxydation der anfangs elementaren Stoffe und durch Zersetzung der nunmehr mit ihnen in Contact kommenden wässerigen Dünste entzünden, was dann ein Zerplatzen des Körpers in einige oder viele Stücke zur Folge haben kann.

Gruithuisen, Professor der Astronomie in München, einer der fleißigsten Beobachter der Mondoberfläche, wollte die eigenthümliche Gestaltung der Ringgebirge des Mondes durch Meteoriten erklären, welche, in den Mond gefallen, beim Eindringen ringförmige Gebirge emporgetrieben haben, in deren Mitte sich ein Kugelsegment als Centralberg befindet. Auch auf der Erde hat er solche Ringgebirge nachgewiesen, z. B. die Insel Ceylon, und dann in seiner Aggregations-Theorie die Bildung aller Himmelskörper durch Anhäufung solcher kleinen Himmelskörper zu erklären gesucht, was ich als eine zwar geistreiche aber doch sehr gewagte Hypothese bezeichnen muß.

Schon vor dem erwähnten prachtvollen Sternschnuppenfall vom 27. November 1872 hat der Professor Schiaparelli den Zusammenhang zwischen Kometen und Sternschnuppen klar nachgewiesen, dagegen läßt sich eine Identität dieser Sternschnuppen mit den Meteorsteinfällen oder Meteoriten nicht nachweisen. Denn bei großen Sternschnuppenfällen zeigen sich verhältnißmäßig auffallend wenig Meteoriten und zur Zeit der großen Schauer der Perseïden (des Auguststromes) und der Leoniden (des Novemberstromes) kommen nicht mehr Meteorsteinfälle vor, als in den andern Zeiten des Jahres. Der Sternschnuppenschwarm vom 20. April 1860, der von Herrick als ein periodischer erkannt ist, steht in Zusammenhang mit dem Kometen I des Jahres 1860, ebenso mehrere der Augustschwärme mit dem Kometen I des Jahres 1870 und der Sternschnuppenschwärme vom 14. November 1866 mit dem Kometen I des Jahres 1866.

34. Capitel.

Der Sonnencultus.

Wir wenden uns jetzt zum Centralkörper unserer Erde, der Sonne, der Königin des Tages, welche uns als Regentin des Planetensystems seit Jahrtausenden durch Spendung von Licht und Wärme so unendlich große Wohlthaten erzeugt hat. Was unsere Erde ohne Erwärmung durch die Sonne sein würde, lehren uns die Eisgefilde der Polargegenden, welche von der Sonne in einem Theile des Jahres gar nicht, im andern nur unter einem schiefen Winkel beleuchtet und erwärmt werden. Die Sonne hebt ungeheure Wassermassen durch Verdunstung aus dem Ocean und führt die so entstandenen Wasserdämpfe weiter, um auf dem Festlande, noch mehr durch die Gebirge niedergeschlagen, die Bäche, Flüsse und Ströme zu speisen. Diejenigen Gegenden der Erde, welchen diese Wohlthat des Niederschlages gar nicht oder höchst selten zu Theil wird, sind Wüsten, denn die Feuchtigkeit, verbunden mit der Wärme, erzeugt den Pflanzenwuchs, und diesen da am meisten, wo beide in reichlichem Maße sich vereinigen, wie in den großen Flußthälern des Ganges und Bramaputra und der amerikanischen Ströme, besonders des Amazonas, deren tropische Vegetation Alexanders v. Humboldt Staunen erregte. Seit Jahrtausenden hat sie die Sonnenwärme aufgespeichert in jenen mächtigen Kohlen- und Torflagern, ohne welche unsere Industrie aus ihren Windeln sich nicht hätte zur jetzigen Höhe emporschwingen können.

Wie uns nach trüben, kalten Tagen ein sonnenheller Tag erfreut, so mußten auch die ältesten Völker der Wohlthaten, welche die Sonne in so reichem Maße spendet, inne werden und es ist daher leicht erklärlich, daß verschiedene Völker der Vorzeit die Sonne als das würdige Bild der Gottheit verehrten. In dem Sternendienst der Sabäer, eines durch Handel und Schiffahrt reichen Volkes im südwestlichen Theile des glücklichen Arabiens, bildete der Sonnendienst den Mittelpunkt. In dem großen Tempel wurde das aus Gold verfertigte kolossale Sonnenbild verehrt; die Kuppel des Tempels war aus Gold verfertigt und mit Edelsteinen verziert; oben endigte sie in einer goldenen Krone, deren sieben Spitzen die Herrschaft über die sieben Planeten andeuteten. Die Diener der Sonne, des Urotalt, trugen

goldene Gewänder, denn der Urotalt war der Schutzgott der Pracht, des Reichthums und der Majestät.

In der von Zerduscht oder Zoroaster reformirten Religion der alten Perser offenbarte sich das höchste Wesen, Zernane Akherene, d. h. »der Anfangslose von Urbeginn« durch Ormuzd, das gute Princip, ihm gleich an Macht und Größe; sein Reich war das ewige, unvergängliche Licht. Diesem Lichtwesen gegenüber entstand, zugleich mit demselben, Ahriman, unendlich, wie Ormuzd, aber abgefallen von dem Guten, das Princip des Bösen, die unendliche Finsterniß. — Ormuzd schuf die guten Geister, die Amschaspands, Ahriman die bösen, die Dews. Zwischen den Reichen des Lichtes und der Finsterniß war die Erdscheibe, auf deren Mitte sich der Berg Albordsch erhob, der immer höher wuchs, bis sein Gipfel durch die Oeffnung des festen Himmelsgewölbes drang. Er war der Sitz des Ormuzd. Die Sonne, Khor oder Khorschid, fährt auf einem Wagen, der mit vier Rossen bespannt ist, vom Gipfel des Albordsch aus und leuchtet der Welt.

Die Verehrung der Sonne findet sich ferner in dem Cultus des Surya der Hindu, des Baal oder Bel der Phönicier, des Moloch der Ammoniter. In Aegypten wurde in den ältesten Zeiten der Ptah verehrt, dem König Menes in Memphis einen Tempel erbauet haben soll. Ptah ist das Licht des Himmels und die Helligkeit, der Herr der Wahrheit. Als täglich neugebornes Licht wurde es in der Gestalt eines nackten Kindes verehrt. — Der Stier war ihm heilig; ein heiliger Stier, Apis, schwarz, mit weißem Fleck auf der Stirn, mit dem Bilde des heiligen Geiers auf dem Rücken und zweifarbigem Haare im Schwanze, wurde in seinem Tempel gepflegt und genoß die größte Verehrung unter allen Thieren in Unterägypten. Neben dem Ptah wurde eine weibliche Gottheit, die Pacht, zu Bubastis verehrt, dargestellt mit einem Löwenkopfe und der Sonnenscheibe auf dem Löwenhaupte. — Nach dem späteren ägyptischen Cultus erzeugten der Gott und die Göttin des Himmelsraumes, Seb und Nutpe, ähnlich den griechischen Gottheiten Kronos und Rhea, die guten Götter Osiris und Isis und die bösen Typhon und Nephthis. Typhon erschlug den Osiris mit 72 Genossen, legte die Leiche in einen Kasten und warf diesen in den Nil. Isis schweifte klagend umher, um ihn zu suchen. Sie fand ihn zu Byblos, brachte ihn nach Aegypten zurück

und bestattete ihn. Aber Horus, beider Sohn, indessen herangewachsen, erschlug den Typhon, — und Osiris, der nicht gestorben, sondern wieder auferstanden war, stieg hinab in die Unterwelt und herrscht dort als Amentes.

In dieser Göttersage finden wir den Kreislauf des Jahres und den Proceß der Pflanzenwelt Aegyptens dargestellt. Nach der fruchtbaren Zeit folgen von Anfang April bis zur Sommersonnenwende 72 Tage ausdörrender Hitze und Unfruchtbarkeit. Die Isis, die Erde, wird ihrer Fruchtbarkeit beraubt. Nun beginnt die Ueberschwemmung, welche neue Fruchtbarkeit verleihet. Osiris, ägyptisch Hesiri, die Sonne, umfaßt die wohlthätigen Eigenschaften aller Götter, er erweckt jährlich die vegetative Kraft der Erde, der Isis. Der Typhon ist die dörrende Hitze, das Princip des Bösen und Schädlichen in der Natur. Am Tage, an welchem die Sonne durch den Scorpion geht, soll Typhon den Osiris erschlagen haben, wodurch der Beginn der großen Hitze bezeichnet wird.

Von Asien gelangte mit der Einwanderung der Pelasger der Sonnendienst nach Griechenland. Der große Sonnengott war Helios, der erst später mit dem Apollon identificirt wurde. In der nordischen Mythologie hieß der Sonnengott Freyr, ein liebreicher Gott, der über die Sonne und den Regen gebietet. Auch die Niedersachsen verehrten die Sonne, dargestellt als halbnackten Mann, auf dessen Brust sich ein flammender Stern befand.

Die Peruaner hatten den glänzendsten Sonnencultus. Sie verehrten die Sonne als den sichtbaren Stellvertreter des höchsten Wesens, Pachakamak. Der Sonnentempel in Cuzko war ein von Backsteinen aufgeführtes Viereck mit einem Dache von kostbarem Holze. Die inneren Wände waren ganz mit Goldblech überzogen. An der Ostseite stand der Altar und auf dessen goldener Platte das Bild der Sonne, ganz von Gold, ein von Flammen und Strahlen umgebenes männliches Gesicht darstellend. An den Wänden herum standen auf goldenen Platten goldene Throne, auf denen die Mumien der verstorbenen Könige saßen. Den Tempel umgab ein von einer Mauer eingeschlossener Platz, auf welchem fünf viereckige prachtvolle Pavillons mit pyramidalen Dächern standen, welche dem Monde, den Sternen, dem Donner und Blitz gewidmet waren; fünf Brunnen mit goldenen Röhren lieferten das Wasser zum Reinigen der Opfer. In der Nähe

dieses Tempels waren die Wohnungen der 1500 Sonnenjungfrauen, der Gemahlinnen der Sonne, welche das Gelübde der Keuschheit abgelegt hatten.

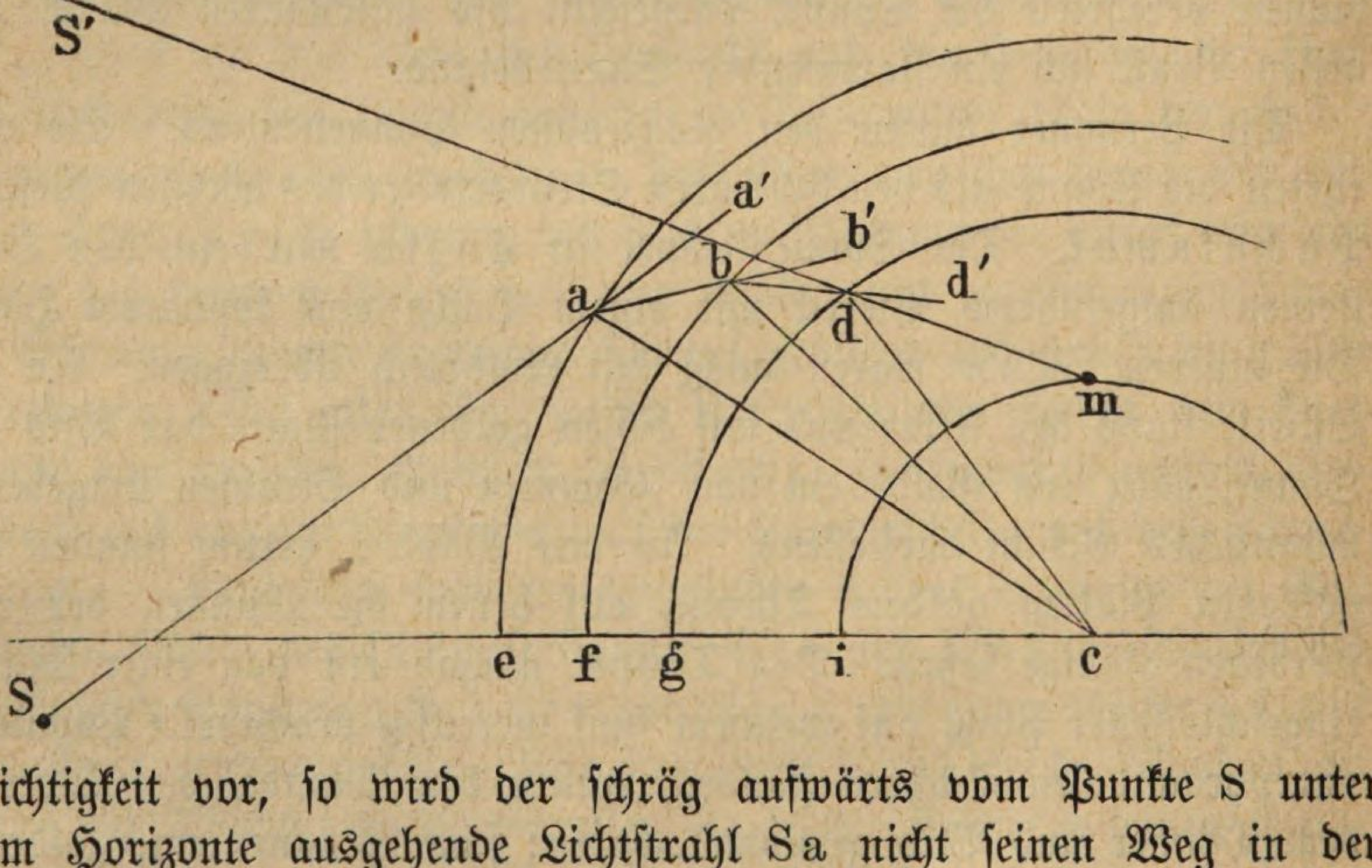
6. Schaltcapitel.

Von der Strahlenbrechung.

Betrachten wir die Sonne beim Auf- oder Untergange mit unbewaffnetem Auge, so erscheint sie uns größer, als wenn sie hoch am Himmel steht, während sie, durch ein Fernrohr betrachtet, stets in gleicher Größe erscheint. Die Ursache dieser Täuschung, die ebenfalls beim Auf- und Untergange des Mondes und der andern Gestirne stattfindet, sind mehrfacher Art. Die Sonne befindet sich, wenn sie nahe über dem Horizonte steht, in der Wirklichkeit unter demselben, wird uns aber dadurch sichtbar, daß die schräg aufwärts gehenden Lichtstrahlen, indem sie unter einem sehr großen Winkel aus den dünneren Luftschichten in die dichteren übergehen, so stark gebrochen werden, daß sie noch unser Auge treffen können.

Stellen in Fig. 28 die mit der Erde di concentrischen Kreisbogen ae, bf, dg die Grenzen verschiedener Luftschichten von zunehmender

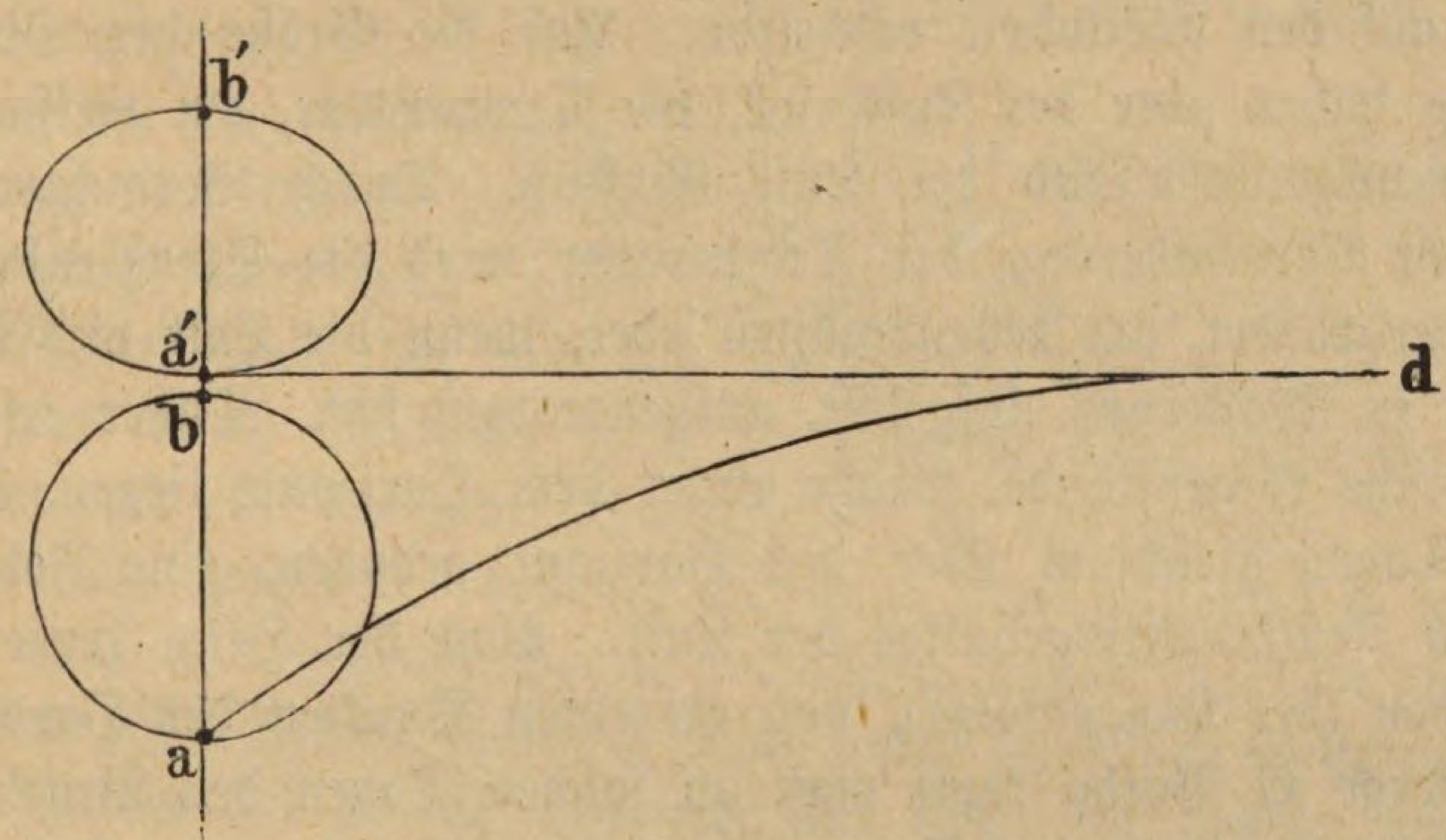
Fig. 28.



Dichtigkeit vor, so wird der schräg aufwärts vom Punkte S unter dem Horizonte ausgehende Lichtstrahl Sa nicht seinen Weg in der geradlinigen Verlängerung aa' fortsetzen, sondern nach dem Gesetze,

daß der Lichtstrahl beim Uebergange aus dem dünneren in ein dichteres Mittel dem Einfallslothe (hier a c) zugelenkt wird, so gebrochen, daß er seinen Weg in a b fortsetzt. Wiederum in b in eine dichtere Schicht übergehend, wird er, statt in b b', seinen Weg in der Richtung von b d, und bei abermaliger Brechung statt in d d' in d m fortsetzen. Der Beobachter in m erblickt aber den Gegenstand in der rückwärts verlängerten Linie d m, im Punkte S'. Da aber der Lichtstrahl in jedem kleinsten Zeittheilchen in eine dichtere Schicht eindringt, also auch gebrochen wird, so beschreibt er, in die Atmosphäre eindringend, eine nach oben convexe Linie, wir aber glauben den Körper an dem Orte zu sehen, welcher von der im Auge an diese Curve gezogenen Tangente getroffen wird. So erscheint uns der Punkt a (Fig. 29), in der

Fig. 29.



Curve a d zu unserem Auge gelangend, in der Richtung der Tangente d a', also in a'. Je tiefer am Himmel der Punkt, je größer also der Einfallswinkel des Lichtstrahles ist, um desto höher ist sein scheinbarer Ort. Die Strahlenbrechung ist also für a größer als für b und daher ist a' von a weiter entfernt als b' von b. Die Sonne (oder der Mond) erscheint uns also beim Auf- oder Untergange mit einem kleineren verticalen Durchmesser ($a'b' < ab$), während der horizontale Durchmesser unverändert bleibt. Eben so werden Sonne und Mond beim Aufgange schon früher, bleiben beim Untergange noch länger sichtbar, während sie in Wirklichkeit unter dem Horizonte stehen. Die Kenntniß dieser Strahlenbrechung, die man, wenn die Strahlen von

Himmelskörpern kommen, astronomische, wenn von irdischen Gegenständen, irdische Strahlenbrechung nennt, ist bei der Bestimmung des Ortes eines entfernten Körpers von großer Wichtigkeit. Die Strahlenbrechung beträgt nahe dem Horizont 30 Minuten, in einer Höhe von 45° kaum eine Minute, in der Höhe von 75° ist sie beinahe 11″, im Zenith aber = 0, weil hier der Strahl senkrecht, also ungebrochen aus einem Mittel in das andere übergeht.

Vermöge der Strahlenbrechung geht, wie wir bereits gesehen haben, die Sonne, der Mond, jeder Stern früher auf und später unter, als es nach ihrem wirklichen Stande der Fall sein sollte, so daß hierdurch der längste Tag bei uns um 8½ Minuten, in den Polargegenden um einen Monat verlängert wird. Jeder Stern erscheint höher als sein wirklicher Stand; hat daher der Astronom die Höhe eines Sternes gemessen, so muß er nach den berechneten Tabellen den scheinbaren Stand auf den wirklichen reduciren. Auf die Größe der Strahlenbrechung haben aber der Luftdruck, die Temperatur, am meisten aber der Feuchtigkeitszustand der Luft Einfluß. Durch Verdichtung der Luft oder Verminderung der Temperatur wird die Strahlenbrechung etwas vergrößert, am bedeutendsten aber, wenn die Luft viel Wasserdämpfe, zu Wassergas aufgelöst, aufgenommen hat. Daher erscheinen uns irdische Gegenstände, welche unter dem Horizonte liegen, an einzelnen Tagen gleichsam über den Horizont gehoben, eine Folge des größeren Feuchtigkeitsgehaltes der Luft. Von der Höhe hinter Henningsleben (bei Langensalza), von einzelnen Punkten der Hardt, vom Schloßberge zu Gotha kann man an solchen Tagen den Brocken und einen Theil der Kette des Harzgebirges deutlich erkennen. In gleicher Weise hat man von Höhenpunkten die weiteste Aussicht, wenn unmittelbar nach einem starken Gewitterregen der Himmel heiter wird, weil dann die Luft mit Wassergas gesättigt ist. Brandes erwähnt*), daß man von der Insel Neuwerk am Ausflusse der Elbe gewöhnlich nur die eine Meile entfernte Küste der letzten Spitze des Elbufers, die Dörfer um Ritzebüttel und einen Theil des Landes Wursten, nach allen andern Seiten aber, selbst bei heller Luft keinen Gegenstand, Schiffe ausgenommen, sehen kann. Wenn aber die Strahlenbrechung stark ist, so sieht man die sieben Meilen entfernte Insel Helgoland

*) Unterhaltungen f. Freunde der Physik u. Astronomie. Leipzig. Barth. 1829.

über den Horizont hervortreten; man erkennt schon mit bloßem Auge die ganze Form des Felsens, worauf sie liegt, und sieht sogar die kleine ganz flache, wenig über dem Meere hervorragende Insel, die unbewohnt neben jenem Felsen liegt; man sieht die ganze Küste der Nordsee bis nach Wangeroog, da wo sonst der Wasserhorizont den Gesichtskreis begrenzt.

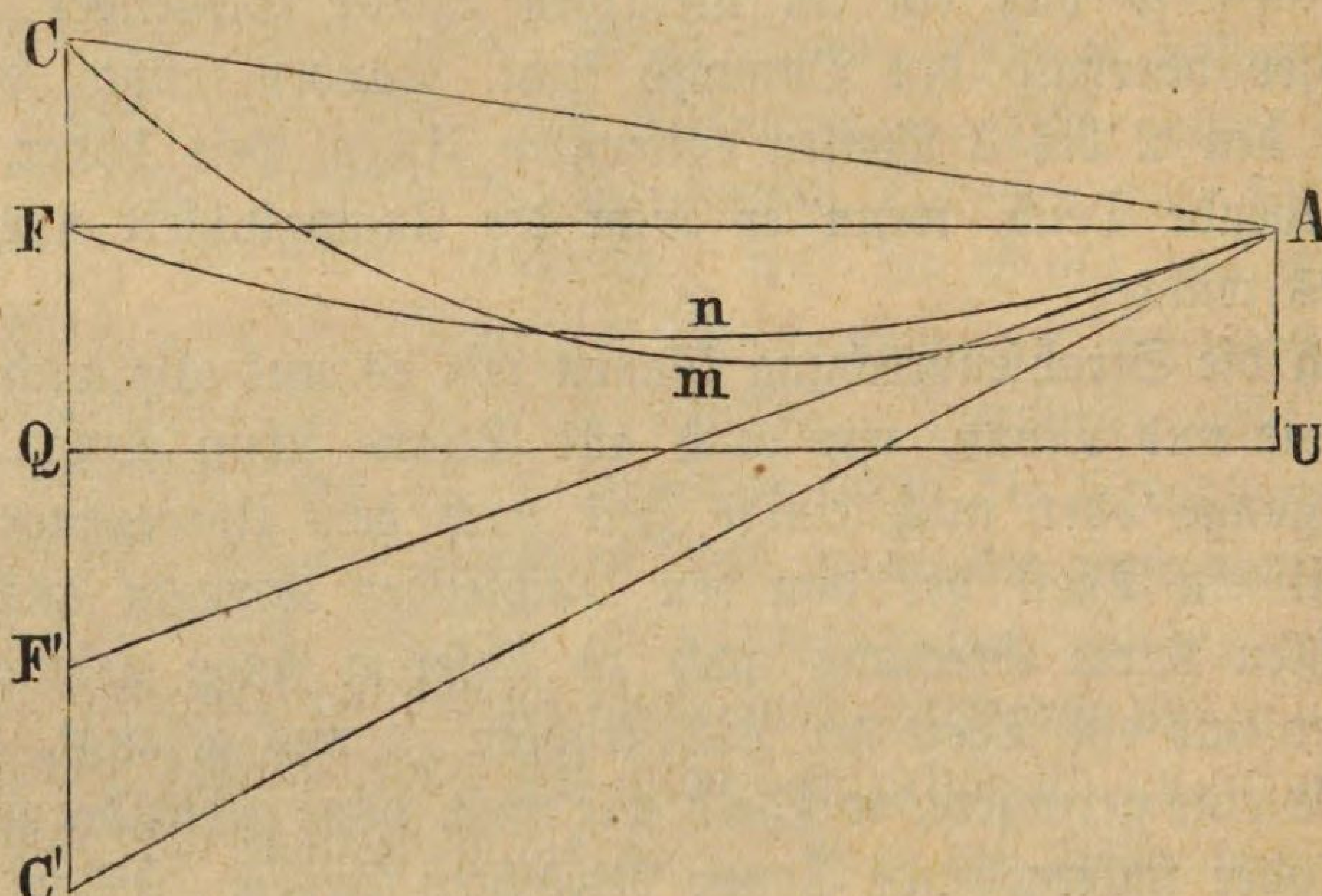
Die starke Krümmung der Lichtstrahlen bewirkt zuweilen, daß man das Ufer des Meeres über den 20 Fuß hohen Deich (Damm) hinweg sehen kann, wenn das Auge an der andern Seite desselben eine Viertelstunde entfernt und 10 Fuß niedriger als der Gipfel des Deiches sich befindet, — so daß ein im niedrigen Lande Stehender, der das Meerwasser oberhalb des Dammes sieht, glauben müßte, das Meer stehe an den 2 bis 3 Meilen entfernten Ufern weit höher, als der ihn umgebende Deich, wenn er nicht die Unmöglichkeit eines solchen Zustandes wüßte.

Durch die Strahlenbrechung können wir es uns also auch erklären, daß Sonne und Mond, wie auch alle Sterne schon einige Zeit vor dem Aufgange oder noch einige Zeit nach dem Untergange sichtbar sind, weil ein Theil der von den leuchtenden Körpern ausgehenden Lichtstrahlen durch Brechung noch zu unserem Auge gelangen kann. Weil aber nur ein Theil der Lichtstrahlen zu uns gelangt, so ist die Lichtstärke eine geringere, weßhalb wir auch, ohne geblendet zu werden, die auf- oder untergehende Sonne betrachten können. Indem uns nun aber Sonne (oder Mond) dunkler, jedoch unter demselben Gesichtswinkel erscheint, halten wir sie für entfernter und daher für größer, wie dies auch bei Gegenständen, welche wir bei starkem Nebel vor uns sehen, der Fall ist. Dies ist eine Täuschung, welche bei Kindern wegen der geringeren Erfahrung größer ist, als bei Erwachsenen. Verstärkt wird diese Täuschung durch die geringe Durchsichtigkeit der Luft in der Nähe des Horizontes, besonders in höheren Breitegraden. Auch kommt noch der Umstand hinzu, daß, wenn wir die Himmelskörper nahe über dem Horizonte erblicken, wir vor denselben die Gegenstände auf der Erde, Baum, Haus, Windmühle, Thurm, einen entfernten Wald u. s. w. erblicken und der Himmelskörper doch unendlich weit dahinter sich befinden muß. Wir halten daher wegen dieser Vergleichungspunkte seine Entfernung für größer, als wenn er hoch am Himmel steht, wo uns jeder Vergleichungspunkt fehlt. Je größer wir

aber die Entfernung bei gleich bleibendem Gesichtswinkel schätzen, um desto größer scheint er uns zu sein.

Eine andere Erscheinung läßt sich auf die Strahlenbrechung zurückführen, welche gewöhnlich mit dem falschen Namen: Luftspiegelung bezeichnet wird. Wenn eine große Ebene von der Sonne stark erhitzt worden ist, so wird auch die unterste Luftschicht stärker erwärmt sein und eine geringere Dichtigkeit haben, wie die obere. Von einem entfernten hohen Punkt C (Fig. 30) kann daher ein directer Lichtstrahl das Auge in A treffen, während der nach unten auslaufende in die

Fig. 30.



dünnere Luftschicht übergehende Strahl so gebrochen wird, daß er in einer nach unten convexen Curve CmA zum Auge gelangt, so daß man den Ort, von welchem er auszugehen scheint, in der Tangente AC', also in C' zu erblicken glaubt. Von dem tieferen Punkte F gelangt ein Strahl FA, an der Grenze der niedrigeren dünneren und höheren dichteren Luft ungebrochen zum Auge A, während ein in die dünnere Luftschicht, aber unter einem kleineren Winkel eindringender Lichtstrahl ebenfalls in einer nach unten convexen aber weit flacheren Curve FnA zum Auge A gelangt, das ihn in der Richtung der Tangente, in F' zu erblicken glaubt. Der Gegenstand CF erscheint also in dem umgekehrten Bilde F'C'.

Hat man Gelegenheit, seinen Standpunkt höher oder tiefer zu wählen, so erscheint im ersteren Falle das Bild wie in Fig. 31 auf folg. S., im letzteren Falle wie in Fig. 32 ebendas. Dazu kommt die

Fig. 31.

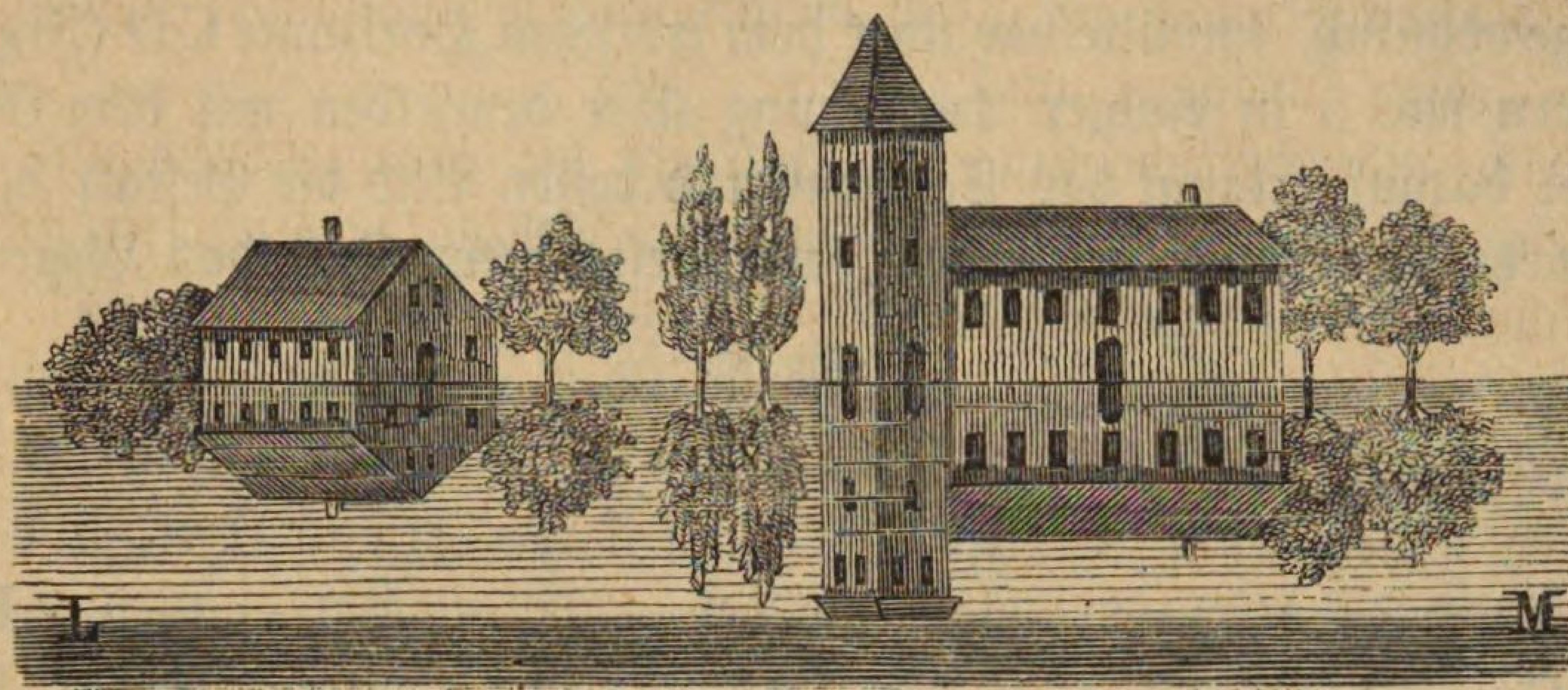
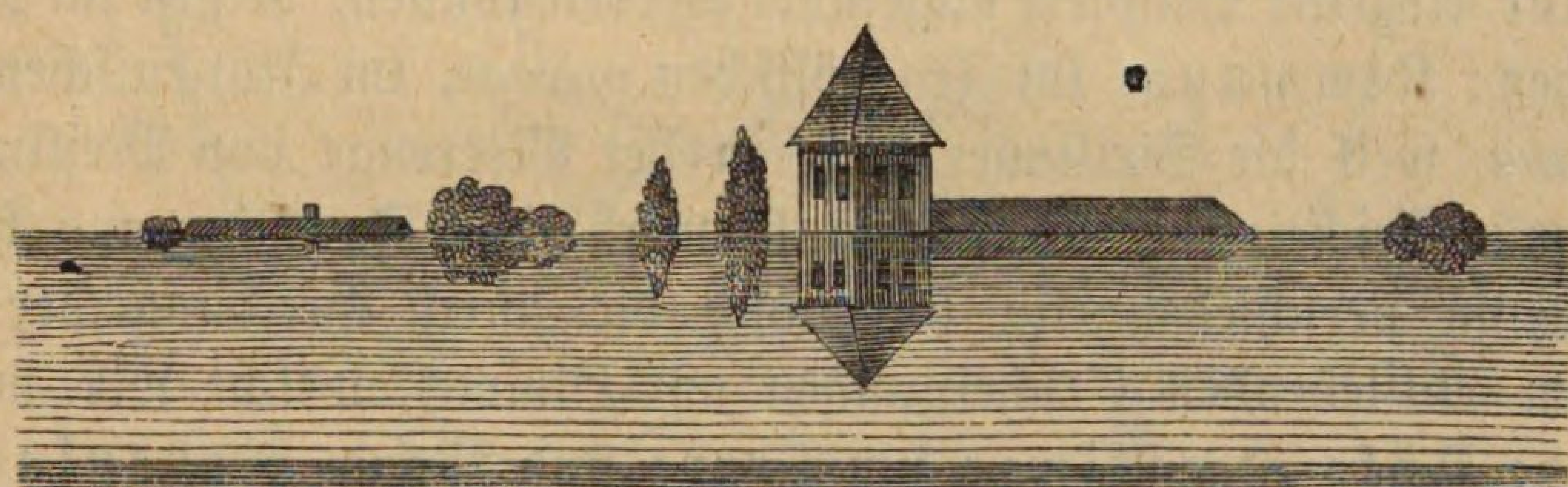


Fig. 32.

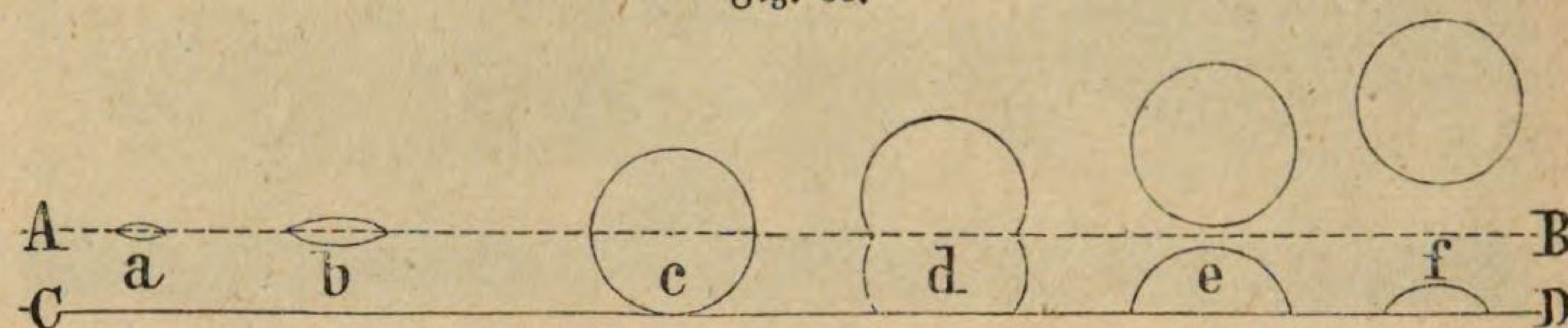


Täuschung, daß die Gegenstände wie im Wasser erscheinen, durch die Bewegung der Luft aber sieht man dieses wellenartig bewegt, so daß der der Gegend Unkundige eine Zeit lang Wasser vor sich zu sehen glaubt. Brandes fügt hinzu: »Diese in den heißen Gegenden Aegyptens sehr auffallend werdende Erscheinung täuschte bei der französischen Expedition (unter General Napoleon Bonaparte, 1798—99) die Soldaten so sehr, daß sie anfangs, als ihnen die Erscheinung noch unbekannt war, sich des Wassers freueten, das sie vor dem nächsten Dorfe noch erreichen würden, und geneigt waren, sich zu wundern, wie dieses Wasser bei ihrer Annäherung sich zurückziehe und endlich gar nicht mehr gefunden werde.«

Auf trockenen Landebenen zeigt sich diese Erscheinung an heißen Tagen und in den wärmsten Tagesstunden, auf einer großen Wasserfläche kommt sie im Sommer in den ersten kalten Tagen, welche nach einem stark abkühlenden Gewitter folgen oder im harten Winter, wo die Luft unmittelbar über dem Wasser wärmer als die in den höheren Schichten ist, am häufigsten vor.

Bei Sonnenaufgang erblickt man den ersten Sonnenrand nicht, wie gewöhnlich, unmittelbar über dem irdischen Horizonte CD (Fig. 33), sondern wie a in einiger Entfernung über demselben mit dem Gegenbilde; darauf erlangt das Segment und dessen Bild die Gestalt b, c, d. Je mehr die Sonne sich erhebt, um desto mehr sinkt das Gegenbild,

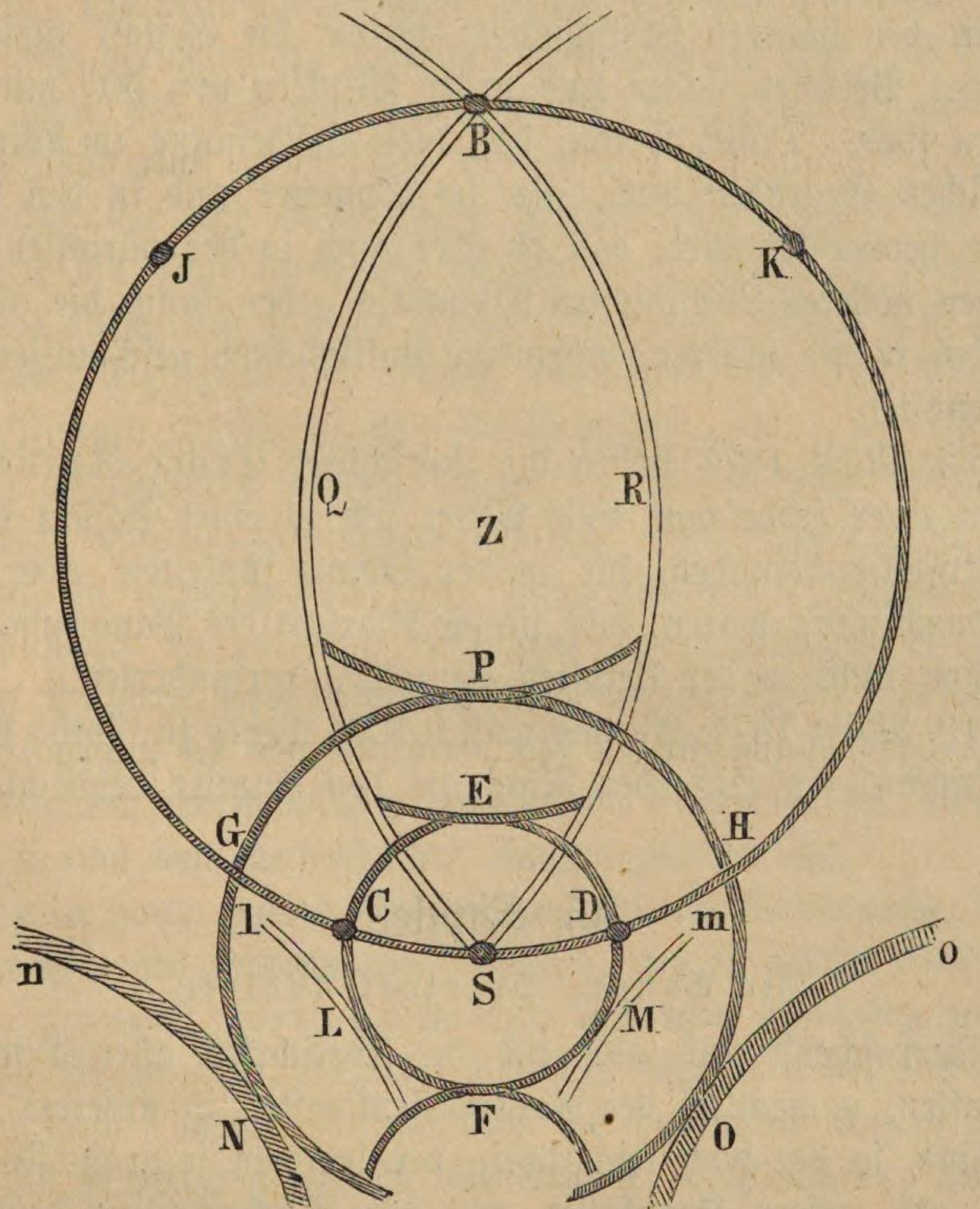
Fig. 33.



wie in e und f. Die sehr verschiedenen Luftspiegelungen, von denen hier nur einzelne Beispiele angeführt werden können, heißen im Niederdeutschen: Kimmung, im Französischen *mirage*, im Italienischen *Fata Morgana*, weil die Sicilianer diese in der Meerenge von Messina vorkommende Erscheinung für das Zauberwerk einer Fee Morgana hielten.

Ebenso verschiedenartig sind auch die durch Brechung der Lichtstrahlen entstehenden Erscheinungen am Himmel, welche wir mit den Namen: Höfe oder Ringe um Sonne und Mond, Nebensonnen, Nebenmonde bezeichnen. Oft sieht man Nachts, wenn der Himmel zwar unbewölkt, aber von einem leichten Dunste getrübt ist, oder auch, wenn er mit einer leichten Wolkendecke wie mit einem Schleier bedeckt ist, einen großen Ring um den Mond, der durchaus nicht mit jenem ringförmigen Schleier zu verwechseln ist, welcher entsteht, wenn eine dünnere Wolke den Mond bedeckt. Erzeugt die Sonne S (Fig. 34 auf folg. S.) einen solchen Ring ECFD, was ebenfalls bei dünner Bedeckung des Himmels mit geschichteten Federwolken eintritt, so entstehen oft rechts und links von der Sonne zwei Flecke C und D, die farbig, wie kleine Stücke eines Regenbogens erscheinen und Nebensonnen, und beim Monde, wo sie jedoch seltener erscheinen, Nebenmonde genannt werden. In einzelnen, aber seltenen Fällen bildet sich noch der durch die Sonne gehende weiße Kreis SCGBHD, während der erste schwache Regenbogenfarben zeigt, nach innen roth, nach außen bläulich weiß. Die Durchschnittsflächen beider Kreise, die Nebensonnen C und D, sind lebhafter gefärbt, als der Ring, der Sonne zugewandt roth, dann folgen die gelbe, grüne und bläuliche Farbe, letztere mit vielem weißen Licht vermischt. Seltener entsteht der mit dem ersten

Fig. 34.



Kreise ECFD concentrische Kreis NGPHO, stärker gefärbt, als der erste, ebenfalls nach innen roth, nach außen blau, auch kommen wohl noch die äußerlich berührenden Bogen E und F des inneren und P des äußeren Kreises hinzu. Wenn aber die Erscheinung vollständig ist, so erscheinen noch die berührenden Bogen L und M des inneren, Nn und Oo des äußeren Kreises und die Bogen SQB und SRB innerhalb des großen weißen Kreises. Der erste Ring CEDF ist um 22°, der zweite GPHF um 43—44° von der Sonne entfernt, so daß sein unterer Rand nur selten so weit über den Horizont hervortritt, daß er gesehen werden kann. Der große weiße Kreis erstreckt sich bis zu einer Entfernung von 90° von der Sonne. Nebensonnen erscheinen außer in C und D noch in G und H, ferner in B, so wie auch in J und K.

Erklärt wird diese Erscheinung durch das Vorhandensein feiner Eisnadeln in den höheren Luftschichten, welche die Gestalt gleichseitiger dreikantiger Prismen haben und unter Winkeln von 60° miteinander verbunden sind. Dafür spricht, daß diese Erscheinung im Winter und in nördlichen Gegenden öfter, als im Sommer und in den südlichen Gegenden beobachtet wird, daß es aber auch in der wärmsten Jahreszeit in den höheren Luftschichten Eisnadeln geben kann, die aber beim Herabfallen in die unteren, wärmeren Luftschichten geschmolzen werden und verdunsten.

Am 22. März 1874 haben die Luftschiffer Croce-Spinelli und Sivel in einer Höhe von 4500 Meter sich in einer Schicht schwebender Eiskrystalle befunden, die in der Sonne funkelten, aber so vollständig durchsichtig waren, daß sie die Klarheit des Panorama's unter dem Ballon nicht in der kleinsten Einzelheit verhinderten.

Am 13. März 1874, Abends nach 9 Uhr, wurde in Gotha bei völlig klarem Himmel ein Hof oder Ring um den Jupiter beobachtet.

35. Capitel.

Die Sonne. Spectral-Analyse.

So überraschend und glänzend die Fortschritte aller Erfahrungswissenschaften, namentlich der Naturwissenschaften in unserem Zeitalter gewesen sind, so hat doch kein Zweig der letzteren so große Fortschritte gemacht, als unsere Kenntnisse von der Beschaffenheit der Sonne. Schon lange hatte man die dunkeln Stellen oder Flecken und die leuchtenden oder Fackeln auf der Sonnenscheibe beobachtet, aber alle Erklärungen gingen nicht viel über Vermuthungen hinaus und es stellte sich nur als wahrscheinlich heraus, daß wir den eigentlichen Kern der Sonne gar nicht sehen, sondern nur deren leuchtende Hülle erblicken, — daß diese letztere aber oft durch Revolutionen auf der Sonne durchbrochen wird, wodurch die Sonnenflecke und Sonnenfackeln entstehen. Man konnte schon seit langer Zeit die Sonne messen. Da sie unter einem Gesichtswinkel von 32 Bogenminuten erscheint, so ergiebt sich daraus bei einer Entfernung von in runder Zahl 20 Millionen Meilen die Größe des Sonnendurchmessers = 193000 geogr. Meilen, d. i. 108 Erddurchmesser. Der Rauminhalt der Sonne ist der von $1^1/_4$ Millionen Erdkugeln; sie ist noch 1500mal größer als der Riesenplanet

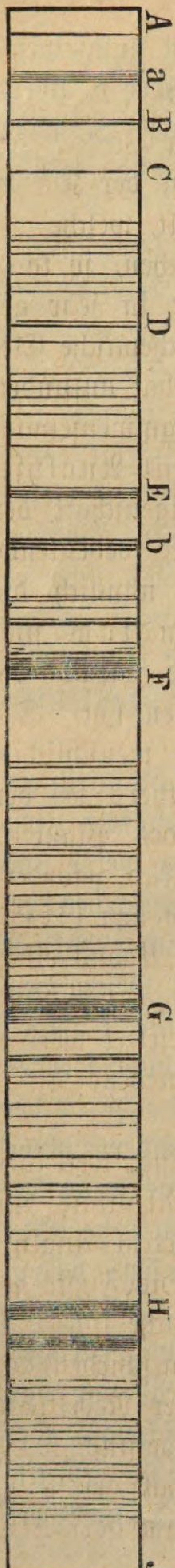
Jupiter und 1000mal schwerer, als sämmtliche Planeten zusammengenommen. Die Masse der Sonne ist daher diesen gegenüber so überwiegend, daß der Einfluß, welchen die Anziehungskraft aller Planeten in ihren stets sich verändernden Stellungen auf die Sonne ausübt, unendlich klein oder = 0 ist.

Die räumliche und Massengröße der Sonne kennt man schon lange; man konnte die ganz kolossalen Wärme- und daher die Kraftmengen schätzen, die alljährlich von der Sonne allein auf unsere Erde gelangen und die nur ein unendlich kleiner Theil der von der Sonne nach allen Richtungen ausströmenden Gesammtkraft sind. Es mußte also die Frage aufgeworfen werden, woher die Sonne diese Wärme- oder Kraftmengen nimmt, aus denen wir Jahr aus, Jahr ein seit vielen Tausenden, ja wahrscheinlich seit vielen Millionen Jahren schöpfen, ohne daß bisher die geringste Abnahme bemerkt worden ist. Ehe ich jedoch zur weiteren Beantwortung dieser Frage schreite, muß ich die große Entdeckung im Gebiete der Optik erwähnen, welche ebensowohl für die weitere Entwickelung der Chemie als für die physikalische Astronomie von den großartigsten Folgen gewesen ist.

Newton hatte gezeigt, daß, wenn man das Sonnenlicht durch ein Prisma gehen, die gebrochenen Strahlen aber in einem dunkeln Zimmer auf eine weiße Wand fallen läßt, das ohne Brechung weiße und kreisrunde Sonnenbild länglich und mit den Regenbogenfarben erscheint. Hieraus schloß er, daß das bis dahin für einfach gehaltene Sonnenlicht zusammengesetzt sei aus farbigen Lichtstrahlen, welche verschiedene Brechbarkeit haben. Ohne Brechung fallen alle farbigen Bilder aufeinander und bilden Weiß, bei schwächerer Brechung werden die Bilder sich theilweise decken und das Bild erscheint daher in der Mitte weiß, am einen Ende hat es einen rothen, am andern einen violetten Rand; bei stärkerer Brechung folgen die Farben, wenn die Axe des Prismas horizontal und der brechende Winkel nach unten gerichtet ist, in folgender Ordnung: roth, orange, gelb, grün, blau, indigo und violett.

Fraunhofer, der Schöpfer der besten achromatischen Fernrohre, stellte in einem verfinsterten Zimmer ein Prisma vertical vor das Objectivglas eines guten Fernrohrs und ließ durch eine schmale aber hohe Oeffnung das Sonnenlicht auf das Prisma fallen. Da erblickte er in dem horizontalen Sonnenbilde unzählige stärkere und schwächere

Fig. 35.



Linien, dunkler, als der betreffende Theil des Farbenbildes, einige sogar völlig schwarz. Diese Linien, nach ihrem Entdecker die *Fraunhofer'schen Linien* genannt, sind immer, und zwar in derselben Ordnung vorhanden, aus welcher Glasart auch das Prisma besteht und was für einen brechenden Winkel es hat, nur nimmt ihre Stärke und ihre erkennbare Menge mit der durch den brechenden Winkel und die Vergrößerung, welche das Fernrohr gestattet, bedingten Größe des Farbenbildes ab und zu. Fraunhofer hat zur leichteren Orientirung die an den merkwürdigsten Stellen vom rothen bis zum violetten Lichte folgende Linien mit Buchstaben bezeichnet (Fig. 35): Links beginnt dunkelroth; A ist eine scharf begrenzte Linie nahe am Anfang im dunkeln Roth; B und C sind scharfe schwarze Linien von merklicher Dicke im lichten Roth. Zwischen A und B befindet sich ein Bündel a feiner Linien, die gleichsam einen Streifen bilden. D ist eine Doppellinie an der Uebergangsstelle von Orange in Gelb, E eine Gruppe feiner Linien im Grün, F eine starke Linie in Blau; zwischen E und F, nahe bei E erblickt man drei sehr starke Linien b, die zu den stärksten im Farbenbilde gehören. G ist eine Gruppe feiner Linien im Indigo; bei H im Violett steht ein merkwürdiger aus vielen feinen Linien und einer starken Mittellinie gebildeter Streifen und nahe dabei ein zweiter ähnlicher. Fraunhofer zählt von B bis H ungefähr 574 Linien, *Brewster* dagegen mehr als 2000 deutlich wahrnehmbare Theile, in welchen sich dunkle Linien befinden.

Aber nicht nur das Sonnenlicht, sondern das Licht aller leuchtenden Körper kann auf solche Weise analysirt, d. h. zerlegt werden. Man tränkt den Docht der Alkoholflamme mit der Auflösung eines einfachen Körpers, so wird das Bild der Flamme, für welches wir jetzt zur Abkürzung das in der Wissenschaft gebräuchliche Wort: «*Spectrum*» gebrauchen, bestimmte Linien haben, welche von denen im Spectrum anderer einfacher Körper

wesentlich verschieden sind. So spricht man von den Natrium-, Kalium-, Eisenlinien. Wenn man daher das Spectrum zusammengesetzter Körper untersucht, so kann man aus dem Vorkommen bekannter Linien, z. B. der Natriumlinie schließen, daß der Körper Natrium enthält. Ja, wenn das Spectrum Linien enthält, welche den Linien der bekannten Stoffe oder Elemente nicht entsprechen, so kann man daraus schließen, daß der Körper, wenn auch nur in sehr geringer Menge, einen oder mehrere einfache Stoffe oder chemische Elemente enthält, welche die Chemie bis jetzt noch nicht hat auffinden können. Diese Art der Untersuchung der chemischen Zusammensetzung durch das Flammenbild oder Spectrum heißt die Spectral-Analyse. Durch diese von Bunsen und Kirchhof entdeckte Eigenschaft der ursprünglichen Fraunhofer'schen Linien hat die Chemie bedeutende Fortschritte gemacht und mehrere chemische Elemente, nämlich die Metalle Cäsium, Rubidium, Thallium und Indium sind im Lichtbilde einzelner Körper entdeckt worden, welche darauf die Chemie auch aus den untersuchten Körpern ausgeschieden hat. Die Spectral-Analyse ist ein ebenso großer Triumph des menschlichen Geistes, als die Anwendung des Widerstandes des Aethers bei der Berechnung der Kometenbahnen und die Auffindung des Planeten Neptun nach der Berechnung Leverrier's. Sie ist wesentlich gefördert worden durch die Untersuchung der Lichterscheinungen in den Geißler'schen Röhren, d. h. in vollständig geschlossenen mit irgend einer Gasart gefüllten Glasröhren, in welche zwei Drähte eingelassen sind, durch welche die entgegengesetzten Elektricitäten hineingeleitet werden und bei ihrer Vereinigung je nach der Gasart verschiedene Lichterscheinungen geben.

Diese Erörterung der Spectral-Analyse war nothwendig, weil ihre Anwendung auf die Astronomie nicht minder wichtige Resultate zur Folge gehabt hat, als für die Chemie. Durch die Spectral-Analyse ist es möglich geworden, zu ermitteln, daß die Sonne, die Fixsterne, die Nebelflecke, die Sternschnuppen Stoffe enthalten, welche sich auch auf unserer Erde befinden. So hat man die Linie C entschieden als eine Wasserstofflinie erkannt. Aus den Spectren einzelner Nebelflecke hat man die Gewißheit erlangt, daß sie gasförmige Gebilde sind, während andere aus einzelnen Sternen bestehen. Secchi hat gefunden, daß die rothen Fixsterne ein ganz eigenthümliches Spectrum darbieten,

deren weitere Untersuchung wichtige Resultate erwarten läßt. Hier stehen wir noch im Anfang einer Reihe von Untersuchungen, deren Resultate bereits sehr bedeutend sind, aber noch nicht zusammengestellt werden können.

Die Beobachtung der astronomischen Spectra ist abhängig von der Beobachtung der Spectren der terrestrischen Gase; je mehr diese vervollkommnet wird, desto größer werden die Resultate der Erforschung der physischen Beschaffenheit der Sterne werden. Wenn man den sich entladenden elektrischen Strom eines Ruhmkorff'schen Apparates durch ein mit verdünntem Gase angefülltes Glasrohr leitet, so wird das die Elektricität leitende Gas glühend. Jedes Gas hat ein anderes Spectrum mit hellen Farbenlinien auf dunklem Grunde, zusammengesetzte Gase haben ein zusammengesetztes Spectrum, in dessen Theilen sich die einzelnen Bestandtheile, wenn sie auch in der geringsten Quantität vorhanden sind, erkennen lassen. So kann Natrium noch erkannt werden, wenn sich $^1/_{3000000}$ Milligramm in dem Gemenge befunden hat.

Die Untersuchung der Photosphäre der Sonne ergab Abwesenheit von Wasserdampf, während das Spectrum des Mars diesen zu erkennen gab, so daß für diesen Planeten die Möglichkeit vorhanden ist, organische Wesen, wie die Erde, zu besitzen.

36. Capitel.

Sonnenfinsternisse.

Besondere Belehrung haben die in diesem Jahrhunderte beobachteten totalen Sonnenfinsternisse gewährt, die zu den selteneren Erscheinungen gehören, da immer nur, wenn wirklich der Kernschatten des Mondes die Erde erreicht, ein kleiner Theil von dem Kernschatten getroffen wird. So hat Norddeutschland 1706 die letzte totale Sonnenfinsterniß gehabt und wird erst wieder 1887 eine solche haben. Am 16. Juni 1806 war die Sonnenfinsterniß für Boston und Albany in Amerika total. Sobald die Sonnenscheibe gänzlich verschwunden war, zeigte sich um den dunklen Mond ein leuchtender Ring von bedeutender Größe, der in zwei concentrische Schichten getheilt war. Sechs Sterne wurden sichtbar und am Horizont erblickte man Dämmerlicht. Die Berichte hierüber richteten daher bei der totalen Finsterniß von 1842, welche in Wien, im nördlichen Italien und mittleren

Rußland sichtbar war, die Aufmerksamkeit der Beobachter mehr auf die physischen Erscheinungen. Auch hoffte man, Daguerres wichtige Erfindung der Lichtbilder benutzen zu können. Schumacher reiste deßhalb von Altona nach Wien, Arago von Paris nach der Lombardei. Im mittleren Rußland waren mehrere Beobachtungsstationen eingerichtet. Wiederum beobachtete man den getheilten Ring, für welchen der Ausdruck Corona oder Aureole gebräuchlich wurde. Ueberrascht wurde man aber, als an verschiedenen Stellen des Randes sich hochrothe bergartige Vorsprünge von verschiedener Gestalt zeigten, die weit stärker leuchteten, als die Corona, auf der sie sich befanden und die man mit dem lat. Worte: Protuberanzen bezeichnet. Die totale Finsterniß von 1851 erstreckte sich vom nördlichen Amerika über Norwegen, das südliche Schweden, Ostpreußen, Polen und über Brest-Litowsk bis zum Kaukasus und Baku am Caspisee. Von allen Seiten hatte man sich zur Beobachtung vorbereitet und in Rußland allein 16 Stationen eingerichtet. Nur an wenigen Punkten war die Witterung der Beobachtung günstig. An diesen beobachtete man aber nicht nur die Protuberanzen, sondern auch unter diesen rothen Vorsprüngen eine große hakenförmige Figur, auch konnte man aus der Art und Weise, wie der dunkle Mond darüber hinwegzog, schließen, daß diese Erscheinungen der Sonne angehören, obwohl Professor v. Feilitsch in Greifswalde dies bestritt und behauptete, daß sie nur Beugungs-Phänomene wären, d. h. durch Beugung der Sonnenstrahlen in der Nähe der Mondscheibe entstanden. Durch die Polarisations-Versuche ist aber festgestellt, daß die Protuberanzen mit eigenem Lichte, die Corona mit erborgtem Lichte leuchtet. Während der Totalfinsterniß vom 31. December 1861, welche in Südamerika beobachtet wurde, zeigte sich nahe dem Südpunkte des schwarzen Kreises wieder die hakenförmige Figur von 1851, aber umgekehrt und in rother Farbe, während die übrigen Protuberanzen mehr weiß waren. Die besten Beobachtungen verdanken wir aber Goldschmidt, der auf Mädler's Veranlassung die totale Sonnenfinsterniß von 1860 in Vittoria, der Hauptstadt der baskischen Provinz Alava, beobachtete.

Hermann Goldschmidt wurde am 17. Juni 1802 in Frankfurt a. M. geboren und widmete sich der Malerkunst unter Schnorr und Cornelius in München; später nahm er seinen Wohnsitz in Paris, wo er seit 1847 sich auch mit praktischer Astronomie beschäftigte und

von 1852—1861 die kleinen Planeten Lutetia, Pomona, Leukothea, Atalante, Harmonia, Nysa, Eugenia, Doris, Pales, Europa, Alexandra, Melete, Danaë und Panopäa, zusammen 14, entdeckte. Als Maler besaß er in höherem Grade, als dies bei den Astronomen sonst der Fall sein kann, eine rasche und sichere Auffassung und eine große Geschicklichkeit in der Darstellung durch Zeichnung, so daß er während der kurzen Zeit der Finsterniß mehr Resultate gewinnen konnte, als alle übrigen Beobachter. Er starb am 17. Juni 1866.

Professor Bruhns, jetzt Director der Sternwarte zu Leipzig, hat mit seinem noch jugendlich kräftigen Auge eine große Protuberanz einige Minuten vor dem Verschwinden und ebenso einige Minuten nach dem Wiedererscheinen beobachtet und gefunden, daß sie ihre Lage zum Mittelpunkte der Sonne nicht verändert hat. Später hat man mit vollkommneren Instrumenten auch bei ringförmigen Sonnenfinsternissen und auch zu Zeiten, wo die Sonne gar nicht verfinstert wurde, Protuberanzen wahrgenommen.

Fragen wir nun, was diese Protuberanzen sind, so kann jetzt eine genügende Antwort noch nicht gegeben werden, da bei der Seltenheit und geringen Zeitdauer der totalen Sonnenfinsternisse ihre Untersuchung durch die Polarisations-Apparate, die Spectral-Analyse und die Photographie noch fortgesetzt werden muß, ehe zu einer gründlichen Erklärung geschritten werden kann. Man hat diese Protuberanzen für heftige Eruptionen aus dem Innern der Sonne gehalten, welche ihren Weg durch eine feste Kruste oder eine tropfbarflüssige Schicht nehmen, die sie durchbrechen. Tacchini in Mailand verwirft diese Ansicht aus folgendem Grunde: Man hat Protuberanzen beobachtet, deren Spectrum Linien zeigt, die dem Magnesium, Eisen, Natrium, Titan, Calcium, Baryum, Nickel und Kupfer entsprechen, außerdem noch acht andere Linien, welche verschiedenen noch unbekannten Elementen angehören, endlich die Linien des Wasserstoffs und die gelbe Linie D_3 eines unbekannten Elementes, das stets vorhanden ist und dem man den Namen Helium gegeben hat. Diese complicirte Zusammensetzung erstrecke sich aber nur auf geringe Höhe, während die höheren Theile ausschließlich nur Wasserstoff und Helium enthalten, welche auch die alleinigen Bestandtheile der großen Mehrzahl der Protuberanzen bilden. Wenn aber die Protuberanzen durch Eruptionen entständen, so müßten jene angegebenen Substanzen auch in den oberen Schichten

vorkommen. Aus diesen Beobachtungen und der Beschaffenheit der Chromosphäre, welche große Gebiete von Eisen- und Magnesiumdämpfen enthalte, schließt Tacchini, daß die Sonne noch eine vollkommen gasige Masse sei, deren Inneres heißer sei als die äußeren Schichten der Photosphäre und Chromosphäre.

Auch die Sonnenflecke sind in neuerer Zeit mit den vermehrten Hülfsmitteln, welche die Physik bietet, einer sorgfältigen Untersuchung unterzogen worden. Namentlich ist man durch verbesserte Blendgläser in den Stand gesetzt worden, die Sonne zu jeder Zeit beobachten zu können. Schon Herschel und Wilson hatten aus dem Umstande, daß die Flecke, wenn sie von der Mitte nach der Peripherie sich bewegen, ihre Gestalt verändern und vor Erreichung des Randes verschwinden, gefolgert, daß sie Oeffnungen oder Vertiefungen der Photosphäre (der hohlen Lichtkugel) wären, durch welche der Sonnenkern als schwarzer Fleck, die Wände als lichtgrauer Halbschatten, Penumbra, erscheinen. Durch die Beobachtung der Bewegung dieser Flecken hat sich als wahrscheinlich herausgestellt, daß die Axendrehung der Sonne 25 Tage 4^h 24′ 21″ dauert, daß dagegen die den Sonnenflecken eigene Bewegung, welche eine der Rotation der Sonne entgegengesetzte Richtung hat, unter 30° Breite eine Geschwindigkeit von 34 Meilen in der Stunde oder von 220 Fuß in der Secunde hat. Demnach würde die Periode der Umdrehung der Sonnenflecke um die Sonne 4332 Tage oder nicht ganz 12 Jahre dauern. Winnecke, Director der Sternwarte zu Pulkowa, stellt die Resultate der bisher angestellten Beobachtungen folgendermaßen zusammen:

1) Die äußerste Schicht der Photosphäre bildet eine Hülle röthlicher Wolken, welche bei totalen Sonnenfinsternissen als röthlicher Saum erscheinen und über welche die Protuberanzen hervorragen, auch wohl frei über ihr schweben. Hierauf folgt
2) die Hülle der leuchtenden Wolken oder die eigentliche Photosphäre, die sich netzförmig verbreitet. Durch ihre kleinen Zwischenräume erhält die Sonnenfläche ein marmorirtes Ansehen, durch größere Oeffnungen sieht man die Halbschatten ohne Kern.
3) Diese Halbschatten werden von einer Schicht lichtgrauer Wolken gebildet. Sind diese, so wie die darüber liegenden Schichten durchbrochen, so erblickt man

4) die **bräunlichen Wolken**, und wenn auch diese letzte Hülle zerrissen,

5) den **Kern**.

Die Größe der Oeffnungen nimmt von oben nach unten ab, sie geht nicht immer durch alle Schichten.

Wenn dies immerhin nur als Hypothese betrachtet werden kann, so hat diese nach den bis jetzt vorliegenden Beobachtungen die größte Wahrscheinlichkeit für sich. Pater **Secchi** hat ferner durch einen thermoelektrischen Apparat gefunden, daß die Wärme-Intensität der Sonne am Rande nur 0,52 von der im Mittelpunkte ist. Ferner haben **Lamont**, **Wolf** und **Gautier** gefunden, daß mit der Vermehrung der Sonnenflecke auch die Schwankungen der Magnetnadel größer werden. Endlich ist mit mathematischer Gewißheit dargethan, daß die Schwerkraft auf der Sonnenoberfläche 27mal größer ist, als auf der Oberfläche der Erde.

37. Capitel.

Wärmequellen der Sonne.

Schwer zu beantworten ist die schon erwähnte Frage, woher die Sonne die gewaltige Wärme hernehme, die sie fortwährend nach allen Seiten in den Weltenraum sendet und von der ein winziger Splitter hinreicht, das gesammte pflanzliche und thierische Leben in den Oceanen und auf den Festländern unserer Erde zu erhalten. Wenn die Wärme, welche unsere Erde trifft, ein Splitter von der gesammten von der Sonne ausgehenden Wärme genannt ist, so soll dieser Ausdruck durch annähernde Zahlen gerechtfertigt werden. Nimmt man die mittlere Entfernung der Erde von der Sonne = 20,7 Millionen Meilen, so hat sich die Sonnenwärme in dieser Entfernung auf eine Kugelfläche von diesem Durchmesser oder auf 5384½ Billionen Quadratmeilen verbreitet. Dividirt man diese Zahl durch den Querdurchschnitt der Erde = 2,312728 □Meilen, so erhält man als Quotienten 2328 Millionen, welche Zahl angiebt, den wievielten Theil der gesammten von der Sonne ausstrahlenden Wärme die Erde empfängt.

Es entsteht nun die Frage: Ist die Sonnenwärme ein todtes Capital, einmal entstanden, das allmählich aufgezehrt wird, oder sind Quellen vorhanden, durch welche der durch die fortwährende Aus-

strahlung entstehende Wärmeverlust ersetzt wird? Diese Frage ist für die Fortdauer alles animalischen und vegetativen Lebens auf der Erde von der größten Wichtigkeit, da dieses mit der Abnahme der Wärme verkümmern oder gänzlich aufhören müßte.

Thatsächlich ist es, daß in der historischen Zeit, die mindestens 6000 Jahre umfaßt, die Sonnenwärme merkbar nicht abgenommen hat, denn Thier- und Pflanzenwelt haben sich in dieser Zeit entweder gar nicht oder äußerst wenig verändert, was bei einer irgend bemerklichen Temperatur-Abnahme geschehen sein würde. Es ist daher natürlich, Ersatzquellen der Sonnenwärme vorauszusetzen. Zuerst hat man einen kolossalen Verbrennungs-Proceß angenommen. Nach William Thomsons Berechnung würde aber, wenn das beste Brennmaterial, wie unsere Steinkohle, auf der Sonne vorhanden wäre, dieser Proceß höchstens 8000 Jahre dauern können. Wir müssen daher zur mechanischen Wärme-Theorie unsere Zuflucht nehmen, wenn wir die aufgestellte Frage beantworten wollen.

Die Wärme, welche wir empfinden, ist danach nichts Anderes, als eine mit den Augen nicht wahrnehmbare, unmeßbar-kleine mechanische Bewegung der Atome, d. h. der kleinsten Körpertheile oder Schwingungen der Atome in sehr geringen Dimensionen und von solcher Geschwindigkeit, daß 40 Billionen Schwingungen in einer Secunde stattfinden. Diese Theorie hat bis jetzt durch die Thatsachen keine Widerlegung gefunden. Der Entdecker derselben, Robert Mayer aus Heilbronn, hat sie darauf gegründet, daß Arbeit sich in Wärme, Wärme in Arbeit verwandeln läßt. Comprimirte Luft kann einen Schwamm entzünden, durch Reibung, durch Hämmern werden Körper erwärmt bis zur Glühhitze. Die abgeschossene Kanonenkugel, durch das explodirende Pulver nur wenig erwärmt, wird durch den Stoß glühend, von anprallenden Bleikugeln wird ein Theil des Bleies jedesmal geschmolzen. Hier wird also die Bewegung, die Kraft in Wärme verwandelt, wie umgekehrt jedem Pfunde verbrannter Kohle, d. h. der durch die Verbrennung erzeugten Wärme ein bestimmtes Maß von Bewegung einer Masse, d. h. Kraft oder Arbeit entspricht, wie unsere Dampfmaschinen lehren.

Mayer versuchte nun als Wärmequelle für die Sonne das Hineinstürzen der Meteoriten anzunehmen, die von der Sonne in weit größerer Zahl und Masse angezogen werden müßten, als von den Planeten,

und die in die Sonne mit einer Geschwindigkeit von 637 Kilometer, d. h. mehr als 2 Millionen rheinländischen Fuß oder 84½ geographischen Meilen in der Secunde fallen würden, wodurch eine Eisenmasse um 1,350000° erwärmt, also vollständig in Dampf verwandelt werden müßte. Wird doch, wie ich bereits erwähnt, die Masse der Meteoriten bei der weit geringeren Geschwindigkeit, mit welcher sie in die Erdatmosphäre eindringen, an der Oberfläche geschmolzen. Allein wenn selbst unsere Erde in die Sonne fiele, wodurch eine eben so große Wärmeentwickelung stattfinden würde, als durch Verbrennung einer das Gewicht der Erde 6000mal übertreffenden Steinkohlenmasse erzeugt wird, so würde dieser Wärmezufluß den Wärmeverlust der Sonne nur 69 Jahre decken. Es müßte, wenn der Wärmeverlust gedeckt werden soll, stündlich auf jeden Quadratmeter der Sonnenoberfläche ein Kilogramm Materie niederfallen, wodurch die Masse der Sonne so vermehrt werden müßte, daß in 2000 Jahren der Umlauf der Erde um die Sonne um 1½ Monate verzögert und die Dauer unseres Erdenjahres statt 365 Tage deren 410 betragen würde. Aus diesen Gründen ist die Mayer'sche Theorie nicht aufrecht zu erhalten.

Helmholtz dagegen erklärt die Wärmeerzeugung auf der Sonne durch allmähliche Verdichtung, wie dieser Proceß bei allen Planeten in früherer Zeit stattgefunden hat. Wenn die Sonne, deren Dichtigkeit jetzt gleich der 1½fachen des Wassers ist, sich bis zu der 3½fachen der Erde verdichtet, so reicht die dadurch entwickelte Wärme aus, den Wärmeverlust für 17 Millionen Jahre zu decken. Die hierdurch nothwendige Verkleinerung des Volumens würde so gering sein, daß der Sonnendurchmesser erst in 24000 Jahren um eine Secunde kleiner erscheinen würde. Neben dieser Wärmequelle nimmt Helmholtz in zweiter Linie an: die Absorption der Wärmestrahlen der Sonne durch deren Atmosphäre, wodurch ⅚ der ausgehenden Strahlen zurückgehalten werden, der Abkühlungsproceß also bedeutend verzögert wird; ferner: das Freiwerden der Wärme durch den Uebergang der gasförmigen Atmosphäre in den tropfbar-flüssigen Zustand, so wie die Entwickelung von Wärme durch auf der Sonne vor sich gehende chemische Processe. Alle diese Ursachen bewirken, die Sonnenwärme scheinbar constant zu erhalten, aber nur scheinbar, denn in Wirklichkeit muß eine Abnahme stattfinden. Die Sonnenmasse hat jetzt schon eine weit geringere Temperatur, als zu der Zeit, da sie aus ihrem glühenden

Schooße die Planeten gebar, und die von Redtenbacher zu 178 Millionen Grad R. geschätzt wird. Die Temperatur der Sonne, welche jetzt zu 6 Millionen Grad geschätzt wird, könnte jährlich 3° Wärme verlieren, es würde dann die mittlere Temperatur der Erdoberfläche, welche jetzt 15° beträgt, in 4000 Jahren erst um 1/40° sich verringern, eine Differenz, welche auch mit unsern feinsten Instrumenten nicht zu messen ist.

Daß die Temperatur der Sonne abnimmt, daß dann der Augenblick kommt, wo sie völlig erkaltet ist, scheint unzweifelhaft zu sein. Was inzwischen aus den ihre irdischen Leiber überlebenden Menschengeistern geworden sein mag, ob sie auf andern Gestirnen neue Organisationen eingehen oder im dünnen Aether eine geistige Existenz führen, darüber weiß weder die Astronomie noch eine andere Wissenschaft, weder eine bejahende, noch eine verneinende Auskunft zu geben. So großartig aber auch uns der Himmel mit seinen Wundern erscheint, so erblicken wir in ihm immer nur das Walten nothwendiger, mechanischer Kräfte; höher als dieses steht das Leben der organischen Körper, der Pflanzen und Thiere, noch höher der Menschengeist. Dieser aber, mit einer irdischen, hinfälligen Hülle behaftet, hat im Kampfe mit der Natur diese zu seiner Dienerin gemacht. Je weiter aber seine Erkenntniß geht, so ist ihm doch eine Schranke gestellt: er kann von dem Ursprunge alles Daseins nur sich eine mehr oder weniger menschenähnliche Vorstellung machen; die Gottheit selbst kann er nicht im Weltenall erkennen, sondern mit seinem beschränkten Geiste sie nur ahnen, und jemehr er die Großartigkeit der Schöpfung erkennt, sich einen desto vollkommneren Begriff von ihrem Urheber, dem Schöpfer aller dieser Dinge machen, der nicht durch Glaubenssätze, welche den Naturgesetzen widersprechen, eingeengt wird. Dieser Glaube an ein höchstes, ewiges Wesen, das wir nicht erkennen, aber in seiner Schöpfung bewundern, ist frei von jeder dogmatischen Regel und von der Anmaßung, daß der Glaube, der sich nach der Intelligenz jedes Menschen anders gestalten muß, auch der aller übrigen Menschen sein müsse. Aber weil so das Studium der Naturwissenschaften nothwendig tolerant in Glaubenssachen machen muß, sind diese von Vertretern der finstern Partei, welche keinen Zweifel an den Sagen, Ueberlieferungen und Satzungen früherer Zeiten dulden, verketzert worden.

38. Capitel.

Parallaxe der Fixsterne. Doppelsterne. Nebelflecke, Aequatoriallicht, Hansens Mondtafeln.

Wenn das Kopernikanische System richtig sein soll, so müssen auch die Fixsterne eine Parallaxe zeigen, wie schon S. 56 erwähnt ist. Aber vergeblich haben früher selbst die ausgezeichnetsten Astronomen diese zu messen gesucht, weil ihre Instrumente nicht die dazu erforderliche Vollkommenheit besaßen. Erst Struve in Dorpat gelang es 1837, mit dem für die dortige Sternwarte erworbenen großen Refractor von 14 Fuß Brennweite und $9^1/_2$ Zoll Objectiv-Oeffnung, dem Meisterstück Fraunhofers, die Parallaxe des Fixsterns α Cephei zu bestimmen. Auch Bessel in Königsberg fand aus 402 Beobachtungen die Parallaxe des Sternes 61 des Schwans = 0,348″. Indem die Zahl der Fixsterne sich mehrte, deren Parallaxe berechnet wurde, fand man auch die Eigenbewegung einzelner Fixsterne, die jedoch wahrscheinlich um einen dunklen oder weniger leuchtenden Körper, der für uns unsichtbar ist, sich bewegen. Bessel's Ansicht, daß dies beim Sirius der Fall sei, ist durch Peters bestätigt und die Umlaufszeit des Sirius ist zu ungefähr 50 Jahren, die des Procyon zu ungefähr 40 Jahren berechnet. Als der nächste Fixstern ist bis jetzt ermittelt α des Centauren = 235000 Erdbahnhalbmessern oder Sonnenfernen = 4,86 Billionen Meilen. Dann folgt die Entfernung des Sterns 61 des Schwans = 570000 Sonnenfernen = 11,8 Billionen Meilen, des Sirius = 925000 Sonnenfernen = 18,5 Billionen Meilen, der Wega = 1,030000 Sonnenfernen = 21,3 Billionen Meilen, ι des großen Bären = 1,605000 Sonnenfernen = 33 Billionen Meilen, des Arctur = 1,680000 Sonnenfernen = 35 Billionen Meilen, des Polarsterns = 2,010000 Sonnenfernen = 40,6 Billionen Meilen und der Capella = 4,640000 Sonnenfernen = 96 Billionen Meilen. Auch die Farbe der Fixsterne und ihre Helligkeit ist in den letzten Jahren mit den von Ausfeld in Gotha construirten Instrumenten genauer beobachtet. Die eine Drehungsaxe dieses Fernrohrs ist hohl. Das Licht einer Kerze oder Lampe wird durch einen Hohlspiegel auf den in der Hohlaxe befindlichen Linsenapparat geworfen, welcher durch eine Schraube so genähert und entfernt werden kann, daß das Bild der Flamme im Fernrohr gleichsam als künstlicher Stern neben dem wirklichen durch

das Fernrohr beobachteten erscheint. Die Schraube wird so gedrehet, daß beide Bilder in gleicher Größe erscheinen. Durch Einschieben verschiedenfarbiger Gläser erhält das Bild des künstlichen Sternes eine Färbung, so daß durch Versuche diese mit der Farbe des wirklichen Sterns in Uebereinstimmung gebracht wird. So hat Klein den periodischen Wechsel der Farbe des Sternes α des großen Bären ergründet, welcher in 32 Tagen 14 Stunden erfolgt, innerhalb welcher die Farbe zwischen Tiefroth und Gelb schwankt. Pater Secchi beobachtete 1869 den veränderlichen Stern R der Zwillinge. Vom 9. bis 11. Februar erschien er als Stern achter Größe, von goldgelber Farbe und in seinem Spectrum traten die Wasserstofflinien deutlich hervor. Die Größe des Sternes veränderte sich von der zehnten bis zur sechsten Größe. Später entdeckte er noch im Spectrum anderer Sterne die Linien des Magnesiums, Natriums und des Kohlenstoffs.

Besonders wichtig für die Bestimmung der Eigenbewegung der Fixsterne ist die Beobachtung der Veränderung der Lage der Linien in ihren Spectren geworden. Huggins, von der Royal Society mit vorzüglichen Spectral-Apparaten ausgerüstet, hat gefunden, daß der Sirius sich mit einer Geschwindigkeit von 18—22 Meilen in der Secunde, Beteigeuze mit einer Geschwindigkeit von etwa 22 Meilen, Rigel mit 15 Meilen, Castor mit 25 Meilen, β, γ, δ, ε, ζ des großen Bären mit 17—21 Meilen Geschwindigkeit sich von der Erde entfernen, der Arctur mit 55 Meilen, α der Leier mit 40—50 Meilen, α des Schwans mit 30 Meilen, Pollux mit 32 Meilen, α des großen Bären mit 35—50 Meilen Geschwindigkeit in der Secunde ihr sich nähern. Diese Geschwindigkeit des Entfernens oder Annäherns rührt her theils von der Bewegung der Sonne, theils von der Eigenbewegung der Fixsterne. Aber auch diese scheint durch zwei von einander unabhängige Bewegungen zu entstehen, nämlich durch eine Bewegung ganzer Sterngruppen und durch die Eigenbewegung einzelner Sterne.

Nichts zeugt wohl mehr von dem unermüdlichen Eifer der Astronomen, als die Beobachtung der Doppelsterne. Wir verstehen unter Doppelsternen Fixsterne, welche, durch ein Fernrohr mit bedeutender Vergrößerung beobachtet, sich in zwei Sterne, seltener in drei und mehrere auflösen. Um die Beobachtung der Doppelsterne haben sich besonders Herschel (Vater und Sohn) und Struve verdient gemacht. Im Jahre 1786 gab Herschel das erste Verzeichniß

der Doppelsterne heraus, welches 1000 enthielt; jetzt kennt man mehr als 6000. Sie zerfallen in optische, d. h. solche, die ohne Beziehung zu einander zu haben, nur zufällig so nahe bei einander erscheinen, daß sie mit bloßem Auge oder bei geringerer Vergrößerung beobachtet nur als ein Stern erscheinen, und in physische, wenn der eine sich um den andern oder beide um einen gemeinschaftlichen unsichtbaren Mittelpunkt bewegen. Von 2500 näher untersuchten Doppelsternen haben sich nur zwölf als optische ergeben. Von den Sternen erster bis sechster Größe ist der je 10., von sechster bis neunter Größe der je 25. und bei noch kleineren der je 42. ein Doppelstern. Am häufigsten sind sie in der Milchstraße, am seltensten in denjenigen Gegenden des Himmels, in welchen sich sehr wenig Sterne erster bis dritter Größe befinden. Sie haben wie alle Fixsterne eine gemeinschaftliche Bewegung, welche von Bessel und Argelander nachgewiesen ist, und außerdem drehet sich der kleinere Stern um den größeren. So hat der Doppelstern χ im großen Bären eine Umlaufszeit von 60 Jahren, ϱ im Schlangenträger von 50 Jahren. Geht die Rotationsebene durch unsere Erde, so kann der eine Stern vor oder so nahe dem andern stehen, daß sie längere Zeit als einfache Sterne erscheinen. Die einzelnen Sterne eines Doppelsternes sind entweder von ziemlich gleicher oder von verschiedener Größe. Nicht alle leuchten wie die Fixsterne, sondern viele wie Planeten, andere sind in Nebel eingehüllt. Beide Sterne haben entweder gleiche Farbe, weiß, gelb, blau, roth und grün, oder verschiedene Farbe, der größere meist weiß, seltener gelb und roth, der kleinere meist blau oder grün. Der glänzendste aller Doppelsterne ist α des Centauren, der, wie bereits erwähnt, nur 4,86 Billionen Meilen von der Erde entfernt, also der der Erde nächste Doppelstern ist. Die Umlaufszeit des einen Sternes um den andern beträgt 77 Jahre, seine Gesammtmasse 0,89 von der der Sonne. Um die Berechnung des Doppelsternes 70 des Schlangenträgers haben sich die bedeutendsten Astronomen seit Herschel bemühet. Nach der neuesten Berechnung von Schur beträgt die größte Entfernung oder die halbe große Axe 4,9″, die Umlaufszeit $94^1/_3$ Jahr, seine Entfernung von unserem Sonnensystem 1,273000 Durchmesser der Erdbahn oder $26^1/_3$ Billionen Meilen, oder 20,1 Jahre Lichtzeit, d. h. das Licht dieses Sterns gebraucht diese Zeit, um von ihm ausgehend zu uns zu gelangen.

Nicht minder, als um die Beobachtung der Doppelsterne hat Herschel sich um die Entdeckung und sorgfältige Beobachtung der Nebelflecke verdient gemacht. Von den 2500, die er untersucht hat, bezeichnet er 288 als glänzende, 907 als schwache, 978 als sehr schwache, 78 als planetarische, 52 als sehr große, 42 als sehr gedrängte und reiche Sternhaufen, 67 als dichte und 88 als grob zerstreute. Sie sind lichte, nebelartige Flecke am Sternenhimmel, von denen nur sehr wenige, wie der im Orion und im Gürtel der Andromeda, ohne Fernrohr von einem scharfen Auge erkannt werden können. Einzelne lösen sich bei bedeutender Vergrößerung in Sternhaufen auf, andere bleiben unauflösliche Lichtnebel. Sie haben meist eine abgeplattete Form, einzelne lösen sich, wie die Doppelsterne, in zwei Sternhaufen auf. Durch die Spectral-Analyse ist man zu der Ueberzeugung gekommen, daß mehrere der unauflöslichen Nebelflecke aus gasförmigen Gebilden bestehen, weil man in den Spectren die Wasserstoff- und Stickstofflinien genau hat erkennen können. Aus der Veränderlichkeit des Lichtes einzelner Nebelflecke hat man auf in der Bildung begriffene Sonnensysteme schließen wollen, allein wir müssen das Wesen der Nebelflecke als ein bis jetzt noch nicht gelöstes Räthsel erklären, dessen Lösung man näher kommen wird, wenn in den Gegenden der Erde, über welchen der Himmel dunstfreier ist, als bei uns, namentlich auf den Andes in Südamerika und auf dem Pic von Teneriffa, fortdauernde Beobachtungen mit Rieseninstrumenten angestellt werden. In unseren Gegenden ist der Einfluß der atmosphärischen Veränderung für die Beobachtung der Nebelflecke im hohen Grade nachtheilig.

Ebenso wenig ist es bis jetzt möglich gewesen, eine andere Erscheinung am Himmel zu erklären, das Zodiakallicht. In der Mitte des Monats October und zu Anfang des März zeigt sich des Morgens bei Sonnenaufgang am östlichen und bei Sonnenuntergang am westlichen Himmel ein weißlicher Lichtschimmer in der Gegend des Thierkreises, der wie dieser schief geneigt ist, und zwar in einer Länge von 40 bis 100°, am Horizont 8 bis 30° breit und von da allmählich in eine Spitze übergehend. Diese Erscheinung ist unter dem reineren Himmel der niedrigen Breiten weit regelmäßiger und deutlicher sichtbar und übertrifft dort nach Alexander v. Humboldt nicht selten den Glanz der Milchstraße. Sie muß von den älteren Astronomen als ein Zubehör der Dämmerung betrachtet worden sein, da sie bis auf Cassini, der

sie zuerst im Frühjahre 1683 beobachtete, gar nicht erwähnt worden ist. Da das Zodiakallicht in den nächsten Stunden vor und nach Sonnenuntergang sichtbar ist, so hat man es für einen Theil der Sonnenatmosphäre gehalten, welcher sich wie ein Lichtnebel über Mercur und Venus hinaus, einem Kometenschweife ähnlich, erstreckt und entweder von der Sonne einen matten Schimmer erhält oder phosphorescirendes Licht besitzt. Diese Ansicht ist aber durch die neuesten Beobachtungen widerlegt. Maxwell Hall beobachtete es am 24. und besonders glänzend am 27. November 1872 in Jamaica. Es erstreckte sich in voller Deutlichkeit über die Venus, den Stern δ des Steinbocks, γ des Wassermannes und o der Fische bis zu einem Punkte zwischen den Plejaden und Hyaden, so daß die Axe des Kegels genau mit der Ekliptik zusammenfiel. Ein schmaler schwacher Streifen erstreckte sich über das ganze Himmelsgewölbe bis zum Sternbilde des Krebses und Löwen am östlichen Himmel. Hall meint, daß das Zodiakallicht seiner Natur nach den Strahlen ähnlich sei, welche von einem Kometen anfangs gegen die Sonne zu auslaufen, dann aber zurückgetrieben werden und hinter dem Kerne den Schweif bilden. Der Ursprung des Zodiakallichtes sei daher in jenen Regionen der Erdatmosphäre zu suchen, in deren Zenith die Sonne steht, daß der um die Erde laufende Streifen in gerader Richtung von der Sonne abgestoßen werde und so beiderseits einen Ast bilde, der stets gegen einen von der Sonne um 180° abstehenden Punkt des Himmels gerichtet sei und demnach in Bezug auf die Axendrehung der Erde stationär sei. Rudolf Falb vergleicht diese Erklärung in seiner Zeitschrift für populäre Astronomie: »Sirius« Band VI. Seite 52 mit den Ansichten Zöllner's, welcher nachweist, daß das Zodiakallicht weder eine Erweiterung der Sonnenatmosphäre noch ein Ring um die Sonne, noch weniger ein Dunstring um die Sonne sein kann, weil er sonst in der Ebene des Aequators und nicht in der Ekliptik sichtbar sein müsse. Falb sagt: »Diese Argumentation trifft nicht die erwähnte Hall'sche Ansicht, denn dieser zufolge handelt es sich nicht um einen die Erde nach mechanischen Gesetzen umgebenden Atmosphären-Ring, sondern um ihre allgemeine Atmosphären-Hülle, die von der Sonne direct abgestoßen wird und daher in der Ekliptik sichtbar werden muß. Dies stimmt außerdem sehr gut mit seiner Ansicht, daß der Ursprung des Zodiakallichtes in dem lebhaften einseitigen Verdampfungsprocesse durch die Sonnenwärme zu suchen sei und dieser die Rudimente eines Kometenschweifes darstellt; nur darf man das Verdampfungs-Object nicht, wie Zöllner meint, auf der Oberfläche des Mondes, sondern auf jener der Erde suchen. Dafür spricht auch der Gegensatz des lichtschwächeren Zodiakallichtes im Herbstäquinoctium am Morgen und des helleren zur Zeit des Frühlings-Aequinoctium am Abende; im ersteren hätten wir die Verdampfungs-Producte einer

großen, unmittelbar vorher von der Sonne beschienenen Wasserfläche, (des großen Oceans); im zweiten die Dünste von unmittelbar vorher beschienenen und ausgedehnten Continenten (Afrika und Südamerika) vor uns.«

So groß die Schwierigkeiten gewesen, welche sich der Berechnung der Parallaxe der Fixsterne entgegengestellt haben, eben so groß waren die, welche die Berechnung der Mondbahn den Astronomen verursacht hat. Seit den Rudolphinischen Tafeln Keplers, welche zuerst auch die Mondstellung genauer angegeben, dauerte es mehr als 100 Jahre, ehe eine wesentliche Verbesserung in der Berechnung des Mondes erfolgte. Da genaue Mondtafeln das beste Hülfsmittel zur Berechnung der geographischen Länge auf dem Meere sind, so verlieh, wie schon angeführt, die britische Regierung dem Tobias Mayer den vom Parlamente ausgesetzten Preis von 3000 Pfund Sterling für seine Mondtafeln. Aber diese und die späteren Burckhardt'schen Tafeln reichten nur auf kurze Zeit aus. Mit unermüdlicher Beharrlichkeit untersuchte daher Hansen in Gotha die Theorie des Mondes und vollendete in mehr als 20 Jahren sein berühmtes Werk: »die Mondtafeln,« zu deren Berechnung die Aufstellung von mehr als 500 Gleichungen nothwendig waren. Durch diese sind alle Unregelmäßigkeiten beseitigt, was Hansen nur dadurch erreicht hat, daß er annahm, der Schwerpunkt des Mondes fällt nicht mit dem Mittelpunkt seiner Figur zusammen, sondern ist 8 Meilen weiter von der Erde entfernt. Die Hansen'schen Tafeln sind so bequem eingerichtet, daß jeder Schiffskapitän mit ihrer Hülfe, nachdem er den Zenithabstand des Mondes gemessen, die geographische Länge, unter der er sich befindet, berechnen kann. Die englische Regierung unterstützte Hansen, indem sie nicht nur eine Anzahl Rechner stellte, sondern auch die Kosten des Druckes übernahm.

Hansen, neben Leverrier der größte rechnende Astronom unseres Jahrhunderts, hat sich aber auch um die Vervollkommnung der Beobachtungen große Verdienste erworben. Sein astronomischer Telegraph ist jetzt fast auf allen Sternwarten eingeführt. Während früher der Beobachter durch das Fernrohr sah, mußte die Zeit durch einen Gehülfen in der Weise beobachtet werden, daß er die Secunden der astronomischen Uhr laut zählte. Wenn der Stern in einen der Fäden des Fadenkreuzes des Fernrohrs eintrat, so gab dies der Beobachter durch einen Schlag mit einem kleinen Hammer an und der Gehülfe bezeichnete die Secunde an einer Tafel. Auf diese Weise konnte die Zeit der Beobachtung oder die Rectascension kaum genauer als auf 1″ berechnet werden. Der astronomische Telegraph besteht aus einem Morse'schen Telegraphen, der mit einer Uhr mit konischem Pendel so verbunden ist, daß am Ende jeder Secunde die elektrische Kette geschlossen und der Papierstreifen von einer Nadel durchbohrt wird.

Der Beobachter hält einen Cylinder mit beweglichem Knopfe in der Hand, zu einer zweiten elektrischen Kette gehörig, die mit dem Uhrtelegraphen so verbunden ist, daß, wenn der Beobachter auf den Knopf drückt, eine zweite Nadel den Papierstreifen durchbohrt. Aus dem Abstande dieses Nadelstichs von den Secundenstichen kann man den Bruchtheil einer Secunde bestimmen, wodurch die Genauigkeit der astronomischen Beobachtungen bedeutend vermehrt ist.

Peter Andreas Hansen, in den letzten Jahren Vorsitzender der Commission für Gradmessung im deutschen Reiche und Mitglied der Commission zur Vorbereitung der Beobachtung des Venusdurchganges, wurde am 8. December 1795 zu Tondern, einem kleinen Städtchen in Schleswig, geboren, erhielt seine Schulbildung auf der dortigen Stadtschule und trat dann bei einem Uhrmacher in die Lehre. Während seiner Lehrzeit betrieb er in seinen Freistunden das Studium der Mathematik, in welcher er sich, ohne Unterricht zu erhalten, in kurzer Zeit umfassende Kenntnisse erwarb. Mit derselben Energie erwarb er sich später die Kenntniß der alten und mehrerer neueren Sprachen, so daß er, ein Autodidakt im vollsten Sinne des Wortes, sich eine so umfassende Bildung erwarb, wie sie sonst nur durch langjährigen Besuch von gelehrten Schulen und Universitäten erworben werden kann. In Tondern förderte seine Studien der praktische Arzt Dr. Dirks durch Ueberlassung von Büchern, 1821 nahm ihn Schuhmacher in Altona als Gehülfen bei der dortigen Sternwarte und zum Mitarbeiter bei der größeren in jenem Jahre begonnenen Gradmessung in Holstein und Lauenburg an. Schuhmacher wurde Hansens einflußreichster Gönner und blieb bis zu seinem am 28. December 1850 erfolgten Tode sein Freund, mit welchem er den lebhaftesten schriftlichen Verkehr unterhielt. Seine Empfehlung und Hansens ausgezeichnete Leistungen hatten des Letzteren Berufung nach Gotha als Nachfolger Encke's im Jahre 1825 zur Folge. Hier hat er sich neben seiner großartigen Wirksamkeit als Astronom große Verdienste als Leiter der Landesvermessung erworben. Ein von ihm verbesserter Planimeter hat die weiteste Verbreitung gefunden. Seinen 79. Geburtstag, welcher mit dem Venusdurchgang fast zusammen fiel, sollte er nicht mehr erleben. Er starb am 28. März 1874.

Druck von Julius Beltz in Langensalza.

Looff, Friedrich Wilhelm,

Geschichte der Astronomie Nach d. im Winter 1873 bis 1874 im Gewerbeverein zu Langensalza gehaltenen Vortr

Langensalza 1875